

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria de l'Energia

Hidrogen com a vector energètic

Estudi de l'eficiència d'un sistema d'emmagatzematge d'energia, aprofitant l'excedent de fonts renovables mitjançant producció d'hidrogen



Memòria i Annexos

Autor: Mokrane Khider
Director: Josep lopez lopez
Convocatòria: Octubre 2019

I. RESUM

En el present treball s'estudiarà una manera d'utilitzar l'hidrogen com a vector energètic. Es basarà en l'emmagatzematge dels excedents d'energia elèctrica generats per fonts renovables (fotovoltaica, eòlica...) en forma d'hidrogen, i en com poder restituir una part d'aquesta energia (elèctrica, tèrmica), i produir un combustible verd per a la mobilitat (cotxes , trens , vaixells...).

Actualment la producció energètica a nivell mundial està dominada per l'ús dels combustibles fòssils, especialment en el transport, i aquests hidrocarburs, a més que són limitats, tenen un impacte mediambiental difícilment controlable i pot ser irreversible per tots els residus que generen (CO_2 , NO_x , CH_4 ...), d'aquí la importància d'un canvi del model energètic actual, prioritant i fomentant l'ús de les energies renovables i el fet de poder emmagatzemar la sobreproducció de la manera més eficient possible.

Existeixen varies maneres i tecnologies d'emmagatzemar excedents d'energia elèctrica, amb avantatges i inconvenients :

- Bateries
- CAES (**Compressed Air Energy Storage**)
- STEP (**Trànsfer d'energia per bombeig**)
- SMES (**Superconductivitat**)
- Supercondensadors
- Volants d'inèrcia

Es poden mencionar altres tecnologies més o menys conegudes però la tècnica que s'estudiarà en aquest treball serà la producció d'hidrogen mitjançant el procés d'electròlisi, trencant la molècula d'aigua en els seus constituents bàsics (O_2 , H_2) , i podent recombinar-los en un procés de cogeneració per recuperar una part de l'energia utilitzada al principi, i finalment poder determinar el rendiment energètic que pot tenir aquesta solució.

II. RESUMEN

En el presente trabajo se va a estudiar una manera de utilizar el hidrógeno como vector energético. Se basará en el almacenaje de los excedentes de energía eléctrica generada por fuentes renovables (fotovoltaica, eólico...) en forma de hidrógeno, y en como poder restituir una parte de esta energía (eléctrica y térmica), y producir un combustible verde para la movilidad (coches, trenes, barcos...)

Actualmente la producción energética a nivel mundial está dominada por uso de los combustibles fósiles, especialmente en el transporte, y estos hidrocarburos, a de más de que son limitados, tienen un impacte medioambiental difícilmente controlable i puede ser irreversible para todos los residuos que generan (CO_2 , NO_x , CH_4 ...), de aquí la importancia de un cambio del modelo energético actual que priorice el fomento del uso de las energías renovables y el poder almacenar la sobreproducción de la manera más eficiente posible.

Existen varias maneras y tecnologías de almacenar excedentes de energía eléctrica, con ventajas y inconvenientes:

- Baterías
- CAES (**Compressed Air Energy Storage**)
- STEP (**Transferencia de energía por bombeo**)
- SMES (**Supraconductividad**)
- Supercondensadores
- Volantes de inercia

Se pueden numerar otras tecnologías más o menos conocidas pero la técnica que va a estudiar este trabajo será la producción de hidrógeno mediante el proceso de electrolisis, rompiendo la molécula de agua en sus constituyentes básicos (O_2 , H_2), para poder recombinarlos en un proceso de cogeneración para recuperar una parte de la energía utilizada al principio, y finalmente poder determinar el rendimiento energético que puede tener esta solución

III. ABSTRACT

In this paper we will study a way to use hydrogen as an energy vector, it will be based on the storage of surpluses of electricity generated by renewable sources (photovoltaic, wind ...) in the form of hydrogen, and power restore a part of this energy (electrical and thermal) to give stability to the electricity grid on the one hand, and the possibility of producing a green fuel for mobility (cars, trains, ships ...).

At present, world energy production is dominated by the use of fossil fuels, especially in the transport, these hydrocarbons, although they are limited, have an environmental impact that is difficult to control and can be irreversible for all the waste they generate (CO₂, NO_x, CH₄ ...), hence the importance of a change in the current energy model, prioritizing and encouraging the use of renewable energies and storing overproduction in the most efficient way possible.

There are several ways and technologies to store surplus electrical power, with advantages and disadvantages:

- Batteries
- CAES (Compressed Air Energy Storage)
- STEP (Transfer of energy by pumping)
- SMES (Supraconductivity)
- Supercapacitors
- Flyers of inertia

Other more or less well-known technologies can be numbered; The technique that will be studied in this work will be the production of hydrogen through the electrolysis process, breaking the water molecule into its basic constituents (O₂, H₂), and being able to recombine them in a cogeneration process to recover a part of the energy used at the beginning, and finally to determine the energy performance that this solution can have

IV. AGRAÏMENTS

Agrair al tutor del treball Josep Lopez Lopez pel seguiment del projecte, i les persones que m'han ajudat per arribar al final.



I. GLOSSARI

Cp aigua : Calor específic de l'aigua 4.18 Kj/Kg.°C

ΔH : Diferencial d'entalpia

F : constant de Faraday

Ucel : Tensió entre els elèctrodes

PEM: Membranes intercanviadors de protons

PCI: Poder calorífic inferior

PCS: Poder calorífic superior

PC: Pila de combustible

\dot{m} : cabal màssic (kg/s)

BM : Bombes de circulació

HSP: Hora solar pic

Fs: Factor de simultaneïtat

Índex

I. RESUM.....	II
II. RESUMEN	III
III. ABSTRACT	IV
IV. AGRAÏMENTS.....	V
I. GLOSSARI.....	VI
1. PREFACI	IX
2. INTRODUCCIÓ.....	11
2.1. Consum elèctric:.....	12
2.2. Calefacció y ACS:.....	13
2.2.1. Calefacció:	13
2.2.2. ACS:	14
2.3. Climatització :	16
2.4. Objectius del treball.....	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
2.5. Abast del treball.....	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
3. DESENVOLUPAMENT I CALCULS.....	17
3.1. Producció de l'hidrogen per electròlisi de l'aigua:	17
3.1.1. Aspectes termodinàmics:.....	17
3.1.2. Diferents tecnologies de la electròlisi:	19
3.1.3. Màquina seleccionada :	23
3.1.4. Sistema de compressió:	26
3.1.5. Dipòsits d'emmagatzematge:	27
3.2. Combustió del hidrogen:.....	28
3.2.1. Motors a combustió interna a 4 temps:	28
3.2.2. Turbines de gas:	29
3.2.3. Piles de combustible:	30
3.2.4. Maquina seleccionada:	32
3.3. Maquina d'absorció:.....	32
3.4. Sistema de bombeig	34
3.4.1. Calefacció i ACS (BM 1)	34
3.4.2. Refrigeració (BM 2)	36
3.4.3. Bombes de circulació (BM 3,4,5,6)	37
3.5. Perfil de producció elèctrica de la instal·lació solar:.....	38
3.5.1. Inclinatoria dels panells:.....	38
3.5.2. HSP	38
3.6. Producció diària d'hidrogen.....	45
3.6.1. Hidrogen produït utilitzant tota l'energia sobrant	45
3.7. Rendiment global de la instal·lació:	50
3.8. Utilització de l'hidrogen sobrant:	50
3.8.1. Vehicles alimentats en hidrogen:.....	50

3.8.2.	Ingressos.....	51
3.9.	<i>Avaluació mediambiental del projecte:</i>	52
3.9.1.	Pel consum de la població:.....	52
3.10.	<i>Selecció del numero de maquines</i>	56
3.10.1.	Electròlisis:	56
3.10.2.	Sistema de compressió	57
3.10.3.	Dipòsits d'emmagatzematge:	58
3.10.4.	Sistema de combustió:.....	58
3.10.5.	Maquina d'absorció:	61
3.10.6.	Sistema de bombeig.....	61
3.10.7.	Intercanviadors de calor	62
3.10.8.	Sistema de commutació automàtica	62
3.10.9.	Variadores de freqüència.....	62
3.10.10.	Dipòsits d'inèrcia.....	62
3.10.11.	Vas d'expansió	63
3.10.12.	Tuberies.....	¡Error! Marcador no definido.
3.11.	<i>Pressupost i estudi econòmic</i>	65
3.11.1.	Cost de les màquines:	65
3.11.2.	Cost de la enginyeria i el manteniment anual	66
3.11.3.	Temps de retorn de la inversió	66
4.	NORMATIVA	69
5.	CONCLUSIO.....	70
6.	BIBLIOGRAFIA.....	73
7.	ANNEX.....	75

1. PREFACI

La idea d'aquest Treball de Fi de Grau ha vingut després d'haver cursat l'assignatura d'emmagatzematge d'energia, veient el potencial que té l'hidrogen, no només com una manera d'emmagatzemar energia, sinó també com un combustible amb un gran poder calorífic, que pot substituir una part de l'ús dels combustibles fòssil en el transport, que és una de les fonts de contaminació més problemàtiques en el món.

Actualment el 95% de l'hidrogen produït es destina principalment a la indústria i ve dels combustibles fòssils, com el reformat amb vapor del gas natural, un procés que té un gran consum energètic ja que es fa a altes temperatures (700-1000°C), o la gasificació del carbó, mètodes que generen grans quantitats de monòxid i diòxid de carboni.

El fet de poder generar aquest combustible de manera local, amb quantitats quasi il·limitades utilitzant energies renovables, permet d'una part una reducció dràstica dels gasos contaminants a l'atmosfera, i d'una altra part una seguretat i estabilitat energètica que no dependrà de conjuntures geopolítiques o econòmiques, i ajudarà a una transició energètica en un model més ecològic i durable.

2. INTRODUCCIÓ

El objectiu d'aquest treball de fi de grau és d'estudiar la viabilitat de la tècnica d'emmagatzematge d'energia elèctrica en forma d'hidrogen, s'agafarà un cas teòric en el qual es farà tot l'estudi tècnic, econòmic i mediambiental; es tracta d'una urbanització de 300 habitatges a la província de Lleida alimentats per una central fotovoltaica de 10 MW, l'excedent d'energia elèctrica es guardarà en forma d'hidrogen, mitjançant un procés d'electròlisi es farà la separació de la molècula d'aigua en H_2 i O_2 , per poder recombinar-los en una pila de combustible, motor tèrmic o turbina per alimentar la demanda energètica de la població quan es necessiti.

Es notarà que els processos d'electròlisi i combustió són els dos exotèrmics, i l'objectiu final és no només l'alimentació en energia elèctrica sinó també valoritzar l'energia tèrmica produïda per assegurar la demanda en calefacció, ACS i frigorífica de la urbanització.

Un altre punt del projecte seria la possibilitat de guardar una part de l'hidrogen produït per alimentar mitjans de transport (Cotxes, autobusos, trens, vaixells ...) que funcionin amb pila de combustible.

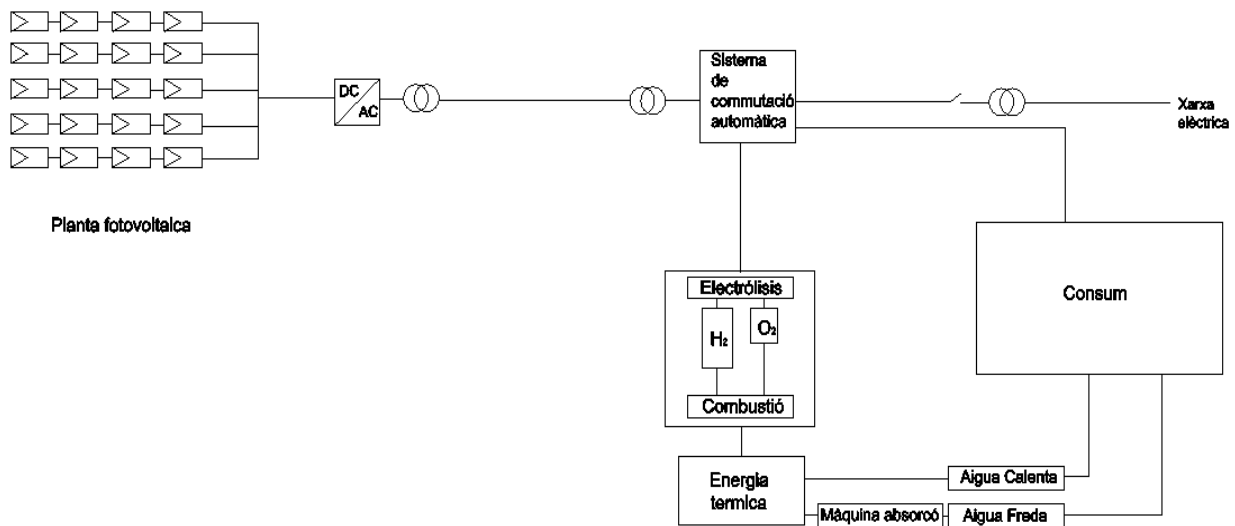


FIG1:Esquema general

Nota

Es determinaran els consums energètics (elèctrics, tèrmics i frigorífics) d'una casa tipus de 4 habitacions per deduir les necessitats de tota la població, com que no és l'objectiu d'aquest treball, s'utilitzaran mètodes aproximatius per determinar les energies consumides a partir dels quals es basarà l'estudi energètic.

2.1.Consum elèctric:

Pel consum elèctric s'agafaran les potències dels aparells domèstics i es multiplicaran per les hores de funcionament:

Element	Potència (W)	Hores diàries	Energia total Wh/dia
Microones	800	1	800
Nevera	300	12	3600
Televisió	20	6,5	130
Ordinador	5	3,5	17,5
Portàtil	5	3,5	17,5
Carregador mòbil 1	5	1,25	6,25
Carregador mòbil 2	5	1,25	6,25
Carregador mòbil 3	5	1,25	6,25
Rentadora	2500	1	2500
Forn elèctric	2200	0,5	1100
Altres	20	24	480
Total	5865		8663,75

L·luminària	Potència (W)	Hores diàries	Energia total Wh/dia
Menjador	20	8,5	170
Cuina	20	9,75	195
Habitació 1	20	2,5	50
Habitació 2	20	2,5	50
Habitació 3	20	5	100
Habitació 4	20	2,5	50
Passadissos	20	8,5	170
Lavabo-bany	20	8,5	170
Total	160		955

Taula 1: Consum energètic mitjà per casa

L'energia total diària consumida seria $8663.75+955=9618,75$ Wh, que seria **10 Kwh/dia** i per casa; el consum total de la població que són 300 habitatges seria de : $10 \times 300 = \mathbf{3000 \text{ Kwh/dia}}$.

2.2.Calefacció y ACS:

2.2.1. Calefacció:

S'utilitzarà un mètode aproximat per determinar la demanda tèrmica de calefacció, amb un simulador facilitat per l'empresa **BAXI**.

<http://calculoaerotermitia.lanuevacalefaccion.com/aerotermitia-platinum-bc.html4>

Annex pàgina 75

8.223KWh, seria la energia necessària per una casa, per 300 cases seria:

$$8.223\text{KWh} \times 300 = 2466.9\text{KWh} = 2.467\text{MWh}$$

El volum d'aigua necessari és el següent:

$$2.467 \text{ MWh} \rightarrow 888.12 \times 10^3 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{cal}} = m_{\text{aigua}} \times C_p \times \Delta T$$

ΔT : Diferència de temperatura entre l'entrada i sortida del intercanviador de calor

$$m_{\text{aigua}} = \frac{888.12 \times 10^3 \text{ KJ}}{4.18 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \times 15^\circ\text{C}} = 141.645 \text{ ton}$$

$$\mathbf{141.645 \text{ m}^3}$$

2.2.2. ACS:

En l'apartat següent es determinarà la demanda energètica per ACS per una temperatura de 60°C. A la taula 1 es veu el valor de la demanda en litres/dia per unitat en funció de l'ús de l'edifici:

Demanda de referencia a 60 °C		
Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Taula 2:demanda ACS per persona litres/dia

<https://www.certificadosenergeticos.com/consumo-diario-acs-certificado-energetico>

La taula següent mostra el número de persones que correspon al número de dormitoris d'un habitatge:

Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado							
Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Taula 3:Ocupacio d'us residencial

A partir d'aquí es pot determinar la demanda d'aigua per ACS a 60 °c



28 l/persona *5 persones =**140 l** per cada habitatge

140l *300 habitatges =**42000 l** per tota l població

L'energia total necessària es calcula de la manera següent :

$$Q_{ACS} = m_{aigua} \times C_{p,aigua} \times \Delta T \quad (Kj) \quad (2)$$

- m_{aigua} : massa total de l'aigua 42000 Kg (suposem que 1L te una massa de 1 Kg)
- $C_{p,aigua}$ = Calor específic de l'aigua :4.18 Kj/Kg.°C
- ΔT : diferencia de temperatura entre la sortida (60°C) i l'entrada ,que segons el nostre cas, per una ciutat al interior de Catalunya com Lleida serà de 13 °c com mitja anual .

Ciudad	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Lérida	13	7	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	7

Taula 4: Temperatura de l'aigua de consum

<https://suelosolar.com/guiasolares/acs/dimensionado.asp>

$Q_{ACS} = 42000Kg \times 4.18 \text{ Kj/Kg. } ^\circ C * (60 - 13)^\circ C = 8251320 \text{ KJ/dia}$, això correspon a **2292,03 Kwh/dia**

Nota:

L'energia tèrmica per calefacció i ACS són quasi similars, però la demanda d'aigua per calefacció és més del triple, això és pel gran salt de temperatura necessària per escalfar l'aigua de la xarxa per ACS de 13°C a 60°C.

2.3.Climatització :

S'utilitzarà un mètode aproximat donat per **"HITACHI"** per simplificar els càlculs .

Per refredar cada metre quadrat d'àrea d'una casa convencional es necessiten 100 frigories

Tenim una àrea de 90m²

$$90\text{m}^2 \times 100 \text{fri/m}^2 = 9000 \text{ frigories/dia}$$

Una frigoria és equivalent a 0.86 Wh $\rightarrow 9000 \times 0.86 = 7740 \text{ Wh/dia} = 7.74 \text{ KWh/dia}$ i per casa

$$7.74 \text{ KWh/dia per casa} \times 300 \text{cases} = 2322 \text{ KWh/dia}$$

El volum d'aigua necessari és el següent :

$$2322 \text{ KWh} \rightarrow 72 \times 10^5 \text{KJ}$$

$$m_{\text{aigua}} = \frac{72 \times 10^5 \text{ KJ}}{4.18 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \times 15^\circ\text{C}} = 114.83 \text{ ton}$$

114 m³

energia elèctrica KWhe/dia	3000
Calefacció KWht/dia	2467
ACS KWht/dia	2292
energia frigorífica KWht/dia	2322

Taula 5:Consum energètic de la població KWh/dia

3. DESENVOLUPAMENT I CALCULS

3.1. Producció de l'hidrogen per electròlisi de l'aigua:

3.1.1. Aspectes termodinàmics:

La reacció global d'electròlisi es la següent:



La tensió mínima que s'ha d'aplicar entre els elèctrodes per aconseguir la ruptura dels enllaços químics és de 1.23 V¹, però per tenir una taxa significativa de producció d'hidrogen ha de ser superior, i la ΔV addicional es diu sobrepotencial, per exemple els elèctrodes de platini és de 0.6V¹, i la tensió final mínima seria de 1.83V¹.

L'energia o entalpia necessària per la dissociació de la molècula H_2O és $\Delta H = 285 \text{ KJ/mol}^1$, que depèn de la temperatura i pressió de la reacció, la descomposició de l'aigua, és la suma d'una energia elèctrica W_{elec} i tèrmica W_{term} , les quantitats necessàries de cada una depèn de la temperatura i pressió de sistema.

$$\Delta H = W_{elec} + W_{term} \quad (4)$$

$$\text{On :} \quad W_{elec} = n \cdot F \cdot E \quad (5)$$

n : numero d'electrons de la reacció

F : constant de Faraday

$$E: \text{Tensió mínima a aplicar :} \quad E = \frac{W_{elec}}{nF} = 1.23 \text{ V} \quad (6)$$

La tensió mínima teòrica necessària tenint en compte la aportació tèrmica seria :

$$V = \frac{\Delta H}{nF} = 1.48 \text{ V}$$

Es a dir 1.48 V seria la tensió mínima que s'aplicarà entre els elèctrodes U_{cel} per produir H_2 sense aportació suplementària de calor .

Si : $E < U_{\text{cel}} < V \rightarrow$ s'ha d'afegir calor a la reacció

$U_{\text{cel}} > V \rightarrow$ no s'afegirà calor i la reacció serà exotèrmica

A la practica els valors utilitzats son de l'ordre de 1.7 a 2.1 V , amb una densitat de corrent que va d'uns centenars de mA/cm² a uns Ampers/cm² , per un rendiment energètic de 70 a 85 % , el PCS (H_2) = 3.15 KWh/m³, per sobre dels 2.2 V els problemes lligats a la corrosió dels elèctrodes comencen a ser molt importants per un funcionament en continu .

¹: Valors aconseguits : Atkins.Jones (Principios de química)

(1),(2) : HAL Id: tel-01775220 <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01775220>

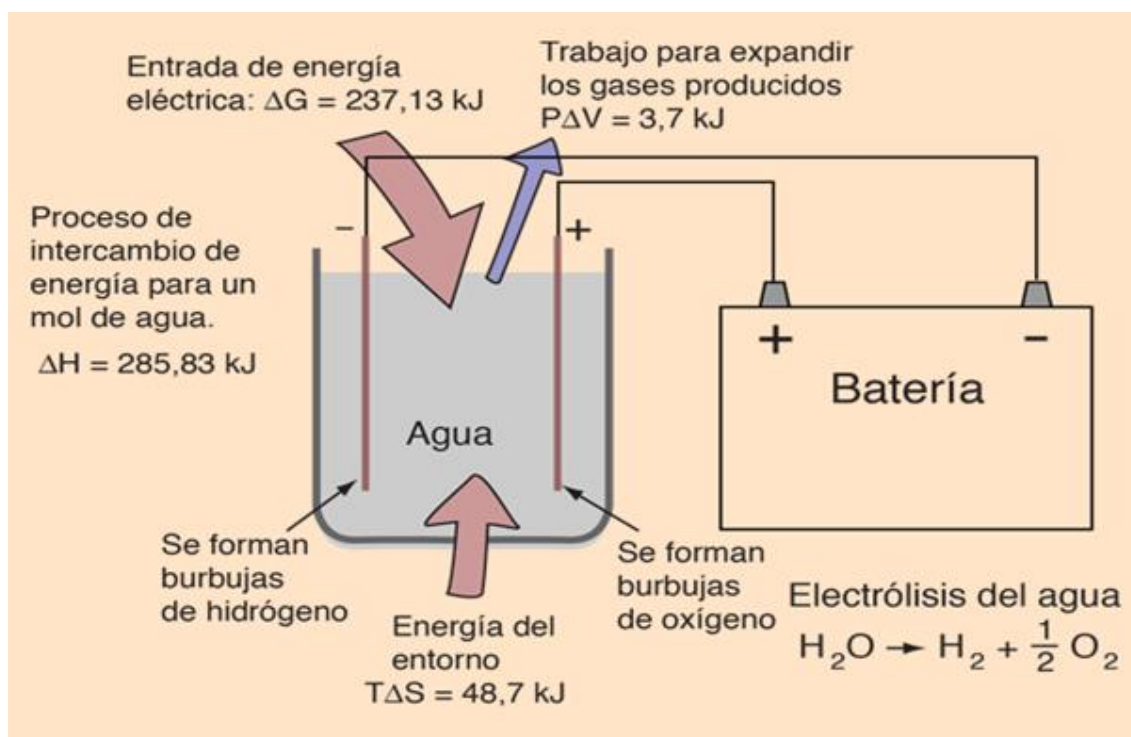


FIG2:electròlisi i energies utilitzades

3.1.2. Diferents tecnologies de l'electròlisi:

Existeixen varies tècniques per a l'electròlisi de l'aigua :

- Alcalina
- Membranes intercanviadors de protons
- A alta temperatura

a) *Alcalina:*

Va ser el primer procediment d'electròlisi desenvolupat a escala industrial al principi del segle passat. Un electrolitzador alcalí utilitza una solució alcalina, normalment hidròxid de potassi (KOH) com a electròlit i existeixen dues configuracions: monopolar i bipolar.

1-La configuració monopolar és la que té les cel·les electrolítiques que estan connectades elèctricament en paral·lel, els càtodes de totes les cel·les electrolítiques estan connectats entre si igual amb els ànodes , però tan ànodes com càtodes estan físicament separats,FIG3

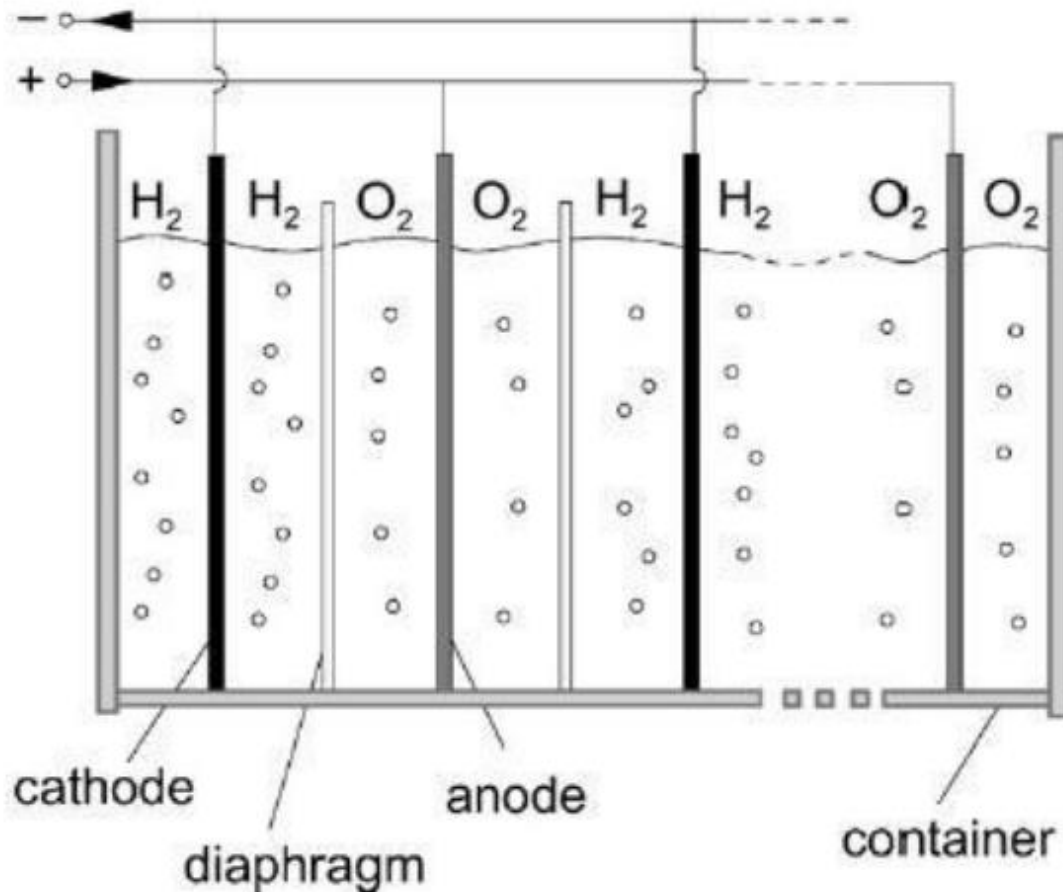


FIG 3:Electrolitzador alcalí monopolar

2-La configuració bipolar és aquella en què les cel·les electrolítiques estan connectades en sèrie, l'ànode d'una cel·la es connecta al càtode de la següent i, en aquesta configuració, l'ànode i el càtode es munten junts separats per un aïllant elèctric usualment ceràmic. FIG4

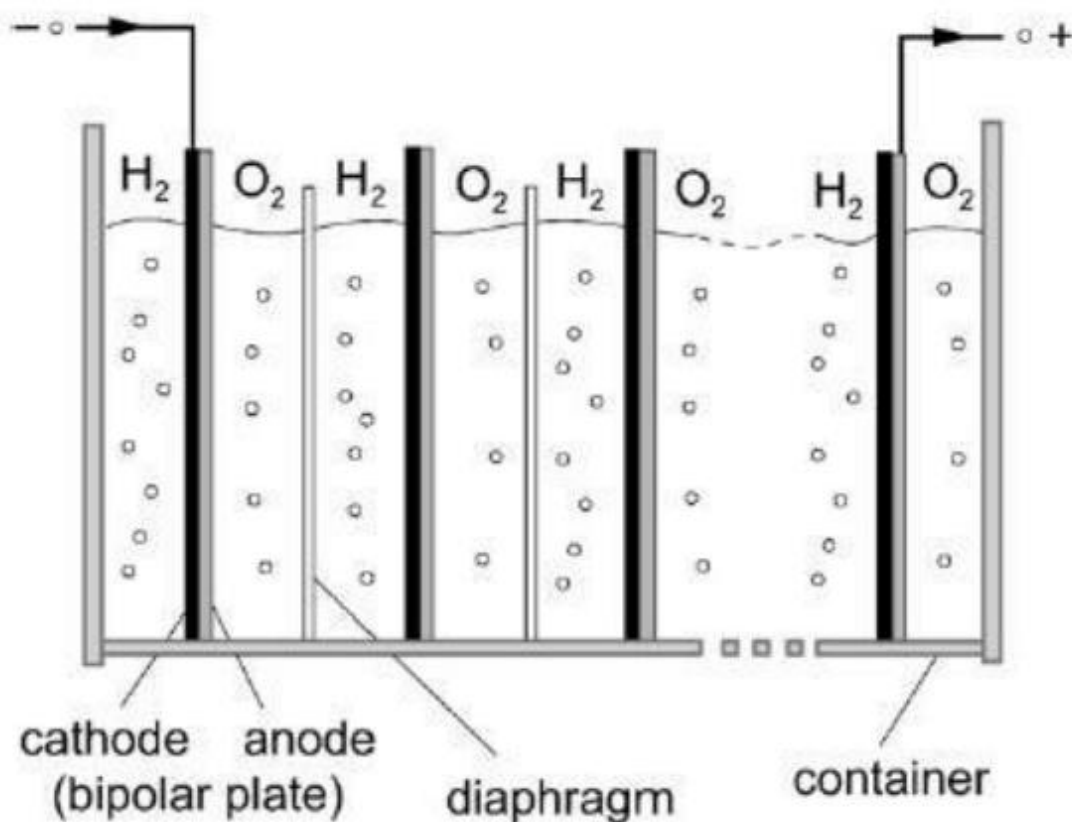


FIG 4:Electrolitzador alcalí bipolar

L'electròlisi alcalina és el procés més utilitzat en la indústria i és una tecnologia madura, els electrolitzadors estan disponibles en mòduls de petita o mitjana capacitat ($0,5-800 \text{ Nm}^3/\text{h}$ d'hidrogen), utilitzant una solució aquosa d'hidròxid de potassi amb una concentració que varia en funció de la temperatura (típicament un 25% en massa a 80°C fins a un 40% a 160°C).

b) Membranes intercanviadors de protons (PEM)

Aquesta difereix de l'anterior per un electrolit sòlid amb una membrana polimèrica conductora de protons (figura 5). Els avantatges d'aquesta tecnologia són l'absència d'electrolit líquid, compactat, senzillesa de fabricació, senzillesa de disseny i operació, limitació de problemes de corrosió, un

rendiment significativament millor i menys influència de la variació en les condicions d'entrada (interessant per a fonts renovables intermitent). No obstant això, el cost de la membrana polimèrica i d'utilització d'electro-catalitzadors amb metalls nobles, fan que aquesta tecnologia sigui actualment més cara que la dels electrolitzadors alcalins de la mateixa capacitat; però l'electròlisi per membrana de polímers es considera per molts com a tecnologia del futur perquè es beneficia de les moltes novetats dels projectes piles de combustible de tecnologia comparable (MEPs) i els estalvis de costos associats.

L'electròlisi de membrana de polímers de petita capacitat és ja una tecnologia madura, utilitzada especialment per aplicacions submarines (plantes d'oxigen a bord de submarins nuclears) i en l'espai (per a la generació d'oxigen per astronautes).

Aquestes unitats poden funcionar des de la pressió atmosfèrica fins a centenars de bars (figura 5).

Aquest tipus d'electrolitzador és especialment indicat per acoblar-se a una font d'energia renovable perquè suporta millor que l'electròlisi alcalina les variacions d'energia elèctrica disponibles, a més tenen un millor rendiment (de 5 a 10 punts més) que l'electròlisi alcalina.

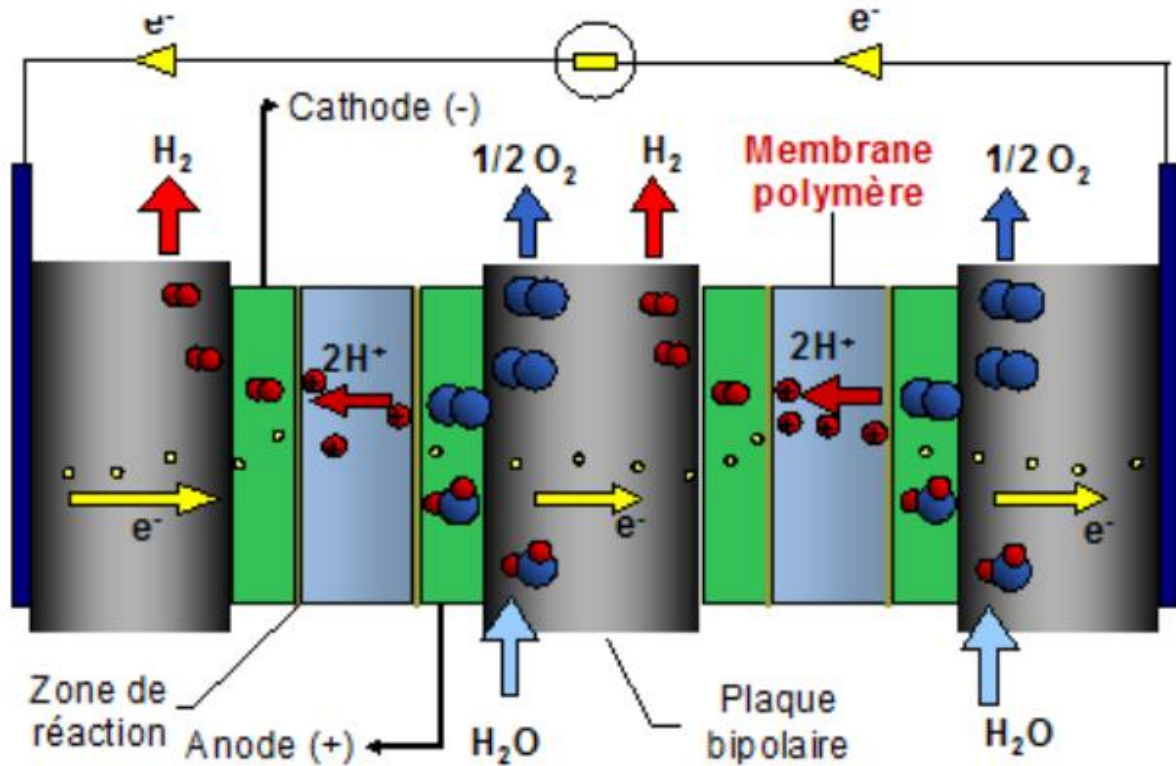


FIG 5:Electrolitzador PEM

Font : AFHYPAC - Th. A.



c) A alta temperatura

Aquesta tecnologia deriva directament dels desenvolupaments de la cèl·lules de piles a combustible que operen en els rangs de 400 a 600 °C i de 650 - 1000 °C i es revela interessant si s'alimenta tant d'electricitat com de calor per mantenir l'alta temperatura desitjada, cosa que pot fer que el rendiment sigui superior al 80% si no tenim en compte la calor de vaporització de l'aigua. Es tracta essencialment d'acoblar-se a un sistema solar a concentració o en un reactor nuclear d'alta temperatura però es una tecnologia que està en l'etapa de desenvolupament.

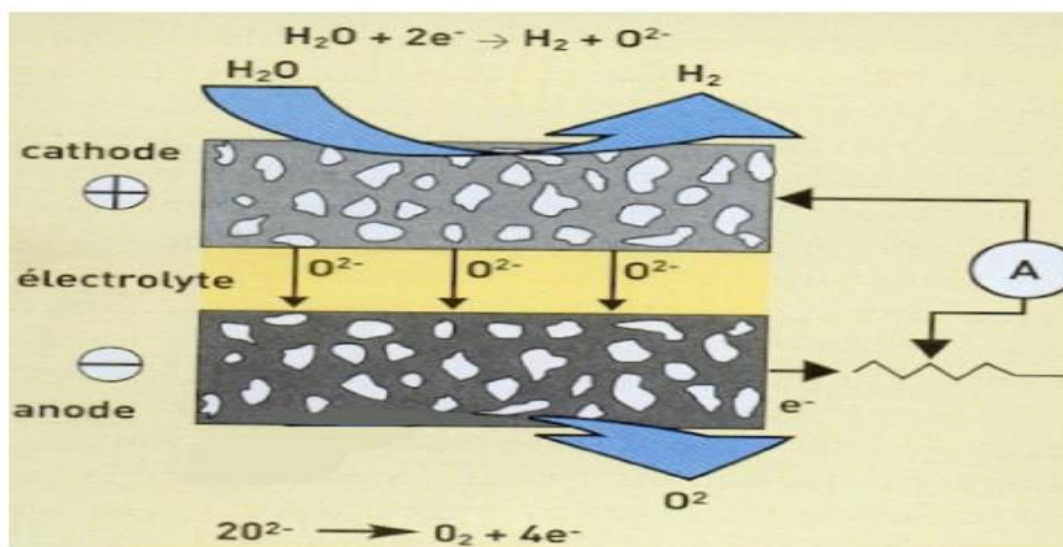


FIG6: electròlisi A alta temperatura

D'aquestes tres tecnologies la més adequada pel projecte seria la de Membranes Intercanviadors de Protons (**PEM**), com s'ha mencionat abans, cert que no és la més barata però té millor compatibilitat amb les energies renovables ja que s'adapta millor a la intermitència de la font d'energia, en el nostre cas la Solar fotovoltaica, ja que la producció no és constant i depèn totalment de les condicions climàtiques. Per aquests motius s'utilitzarà per a les màquines d'electròlisi la tecnologia **PEM**.

3.1.3. Màquina seleccionada :

La màquina que s'utilitzarà per a la producció de l'H₂ és el model AREVA H2GEN E120.



FIG7: Model de la màquina d'electròlisis

STANDARD SUPPLY TECHNICAL SPECIFICATIONS

GAS PRODUCTION		HYDROGEN		OXYGEN	
Output pressure		Up to 35 Barg		13 Barg	
Purity		> 99,9%		> 99%	
GAS PURIFICATION SYSTEM					
Industrial purification system with automatic regeneration based on deoxidiser & Temperature Swing Absorption Dryers					
H ₂ Quality		Up to 99,999% (Water vapour < 1 ppm, O ₂ < 5 ppm, N ₂ < 5 ppm)			
FEEDING WATER (TAP WATER)					
Conductivity		< 2000µS/cm (T25°C)	Pressure		2 to 6 Bar
PH		4-10	Temperature		+5/+40°C
Water treatment		Integrated Reverse Osmosis System (ROS) + electro de-ionisation system			
PROCESS COOLING WATER					
Max pressure		5 bar			
Input Temperature		+5°C to +45°C			
Quality		Bactericide, anticorrosive and antifreezing fluid			
INSTALLED POWER					
Voltage		400 V AC			
Frequency		50 Hz			
Stack consumption		4,4 kWh/Nm³ of H ₂			
CONTROL SYSTEM					
PLC		Industrial SIL 2 PLC with analogic and digital I/O modules associated to a 15" colour tactile screen; Process can be controlled by input of : H ₂ flow, pressure, available power			
Communication		Modbus / Ethernet / analogic and serial communications; modular communication interface for easy add-on capability; others : on demand			
ENVIRONMENTAL & OPERATING CONDITIONS					
Storage & Transport temperature		+3/ +60°C	Humidity		0 to 95 % non-condensing
Operating temperature		+3/ +40°C	Ventilation		Provided from a non-hazardous area
SAFETY NORMS & REGULATIONS					
Compliance		EC Compliance - Machinery 2006/42/EC PED 97/23/EC - LVD 2006/95/EC - EMC 2004/108/EC Our equipments comply with major gas companies expectations			ISO 22734-1 IEC 61508 - IEC 62061

PRODUCT LINE SPECIFICATIONS

STANDARD	E5	E10	E20	E30	E40	E60	E120
HYDROGEN PRODUCTION							
H ₂ Flow Rate Nm ³ /h	5	10	20	30	40	60	120
OXYGEN PRODUCTION							
O ₂ Flow Rate Nm ³ /h	2,5	5	10	15	20	30	60
FEEDING WATER							
Consumption l/hr (Including ROS)	<10	<20	<40	<60	<80	<120	<240
PROCESS COOLING WATER							
Flow Rate m ³ /h	1	2	4	6	8	12	24
INSTALLED POWER							
Power kVA	40	80	160	240	320	480	960
System Consumption (kWh/Nm ³ of H ₂)	5,7	5,3	5,2	5,1	5	4,9	4,8

www.arevah2gen.com/fr/produits-services/generateurs-dhydrogene

La tasa de producció va de 5 a 120 m³/h a pressió i temperatura ambient, el model escollit és el **E120** i per cada m³ de H₂ produït s'utilitzen 4.8 KWh d'energia elèctrica. Per determinar el rendiment energètic real s'ha de comparar el poder calorífic d'1 m³ de H₂ (a la sortida) i dividir-lo per l'energia elèctrica (entrada) necessària per produir-lo, de la manera següent:

$$\text{PCI H}_2 = 119.93 \text{ KJ/g}$$

$$\text{PCS H}_2 = 141.86 \text{ KJ/g}$$

En aquest cas s'utilitzarà el PCS ja que l'objectiu és també valoritzar l'energia calorífica.

$$\frac{1 \text{ mol H}_2}{22.4 \text{ l H}_2} \times \frac{2 \text{ g H}_2}{1 \text{ mol H}_2} \times \frac{1000 \text{ l H}_2}{1 \text{ m}^3} = 89.285 \text{ g H}_2/\text{m}^3$$

$$\frac{141.86 \text{ KJ}}{\text{g H}_2} \times \frac{89.28 \text{ g H}_2}{\text{m}^3} = 12665.26 \text{ KJ}/\text{m}^3 \text{ H}_2$$

$$12665.26 \text{ KJ}/\text{m}^3 \text{ H}_2 \times \frac{1 \text{ KWh}}{3600 \text{ KJ}} = 3.518 \text{ KWh}/\text{m}^3 \text{ H}_2$$



Notem que la màquina té un sistema de compressió dels gasos integrat, la pressió de sortida de l'hidrogen serà de 35 Bar , i 13 per l'oxigen.

Disposa també d'un sistema de purificació de l'aigua per osmosis inversa, ja que el procés d'electròlisis necessita agua pura sense conductivitat elèctrica.

El gas produït té una massa molar molt petita, per emmagatzemar grans quantitats s'hauria de comprimir a altes pressions i les tecnologies actuals en el sector del transport sobretot, permeten arribar fins a 700 bars de pressions amb dipòsits fabricats a base de materials compostos, fibres de carboni i altres materials per assegurar la pressió i evitar les fugues. En el cas estudiat en aquest projecte, i per evitar un cost energètic elevat degut a la compressió, les pressions d'emmagatzematge varien entre 150 y 250 bars.

3.1.4. Sistema de compressió:

Per comprimir el gas produït s'utilitzarà un compressor **DENAIR DG1/300**

Annex pàgina 76

Compressor DENAIR 1 a 3m³/min

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/China-Piston-Type-3-Stage-Compressor-62056864859.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.1.77439a99wOtG0o&s=p>

Per a una pressió de 25 Mpa (250 bars) la potència consumida pel compressor és de 22 kW i la tasa de gas comprimit és d'1m³/min. A continuació es determinarà l'energia necessària per a la compressió, i es calcularà el rendiment del sistema (Electròlisis + Compressió).

En 1 min es comprimeix 1 m³:

$22\text{Kw} \times \frac{1}{60} h = 0.366 \text{ kWh}$ per cada m³ comprimit fins a 250 bar, afegint 4.8 kwh de la màquina d'electròlisis s'obté un valor de **5.166 kWh** per cada m³ d'hidrogen produït i comprimit.

$$\eta = \frac{3.518\text{kWh}(\text{produït})}{5.166\text{kWh}(\text{utilitzat})} = \mathbf{0.6809}$$

El rendiment donat és del **68.09%**.

3.1.5. Dipòsits d'emmagatzematge:

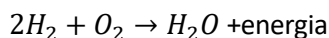
El sistema d'emmagatzematge serà constituït per un conjunt de bombolles especialment dissenyats pels gasos a alta pressió.

Annex pàgina 77

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/Hydrogen-Gas-Cylinder-Group-Cascade-for-60517076348.html?spm=a2700.7724838.2017115.296.79dc525bbCxAif>

3.2. Combustió del hidrogen:

La reacció de combustió és la inversa de la que s'ha vist en el procés d'electròlisi ja que la molècula H_2 entra en combustió amb la de l'oxigen O_2 per formar aigua de la manera següent :



Per la utilització del hidrogen per recuperar energia existeixen varies tecnologies en el mercat

3.2.1. Motors a combustió interna a 4 temps:

Descripció

Els motors alternatius de combustió interna (MACI) són màquines volumètriques consistents en un dispositiu de cilindre-èmbol en què es produeix una reacció de combustió i es transforma l'energia alliberada en un efecte motor útil mitjançant un mecanisme de biela-manovella, i també en forma de calor.

Avantatges

Aquesta tecnologia presenta una sèrie d'avantatges que la fa molt competitiva respecte a altres sistemes:

- Té una eficiència elèctrica elevada.
- És una tecnologia molt provada i fiable
- Els costos d'adquisició són relativament baixos.
- Rendiment elèctric: 39%
- Rendiment tèrmic:
- ❖ Recuperació de calor del circuit de refrigeració de l'oli: 4%.
- ❖ Recuperació de calor del circuit de refrigeració de cilindres: 22%.
- ❖ Recuperació de calor dels gasos d'escapament refredats fins 110°C: 22%.
- ❖ Recuperació de calor dels gasos d'escapament refredats fins 145°C: 20%.
- ❖ Recuperació de calor dels gasos d'escapament refredats fins a 200°C: 16%.

http://www.caib.es/conselleries/industria/dgener/user/portalenergia/pla_eficiencia_energetica/produccioenergia_2.es.html

Inconvenients

- Baix rendiment tèrmic
- Manteniment elevat ja que té moltes peces en moviment.

3.2.2. Turbines de gas:

Descripció

La turbina de gas és un motor tèrmic que realitza les diferents fases del seu cicle termodinàmic en una successió de membres travessats per un fluid gasós en flux continu. Aquesta és una diferència fonamental en comparació amb els motors de pistons que aconsegueixen una successió temporal de fases en el mateix òrgan (normalment un cilindre).

L'eficiència de les turbines de gas és relativament baixa (del 25 al 35%) i es deu al fet que una part de l'energia subministrada pel combustible es desvia pel compressor o es perd com a calor en els gasos d'escapament, i està relacionada amb la qualitat de l'alternador. És possible millorar lleugerament l'eficiència augmentant la temperatura a la cambra de combustió (més de 1200 ° C), però ens trobem amb el problema de la resistència dels materials utilitzats per a la realització de la part de la turbina. L'eficiència tèrmica es pot millorar mitjançant la recuperació de la calor de l'escapament (calefacció, producció de vapor,...) i depèn de la qualitat de l'intercanviador, l'explotació de les diverses fonts de calor, la qualitat de la combustió, etc,. Un ordre de magnitud de l'eficiència tèrmica està entre el 55 i el 70% (amb postcombustió) per això trobem aquesta tecnologia en les instal·lacions de cogeneració.

Avantatges

- potència molt elevats a causa del funcionament continu.
- simplicitat de fabricació (un rotor i un cremador) i un bon equilibri (poques vibracions).
- contaminació limitada en HC i NOx a causa de l'excés d'aire i de la temperatura limitada.
- capacitat de recuperació de calor (cogeneració)
- longevitat en operació estacionària.
- capacitat potencial d'utilitzar diversos combustibles de baixa qualitat com els gasos pobres.

Inconvenients

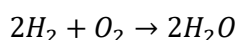
- Baix rendiment elèctric
- disminució gradual de la potència disponible a mesura que augmenta la temperatura de l'aire lliure. Es calcula que la potència disminueix en un 1% per a cada grau d'elevació; això es deu a la disminució del cabal massiu de l'aire ambient quan la seva temperatura augmenta.

3.2.3. Piles de combustible:

Descripció

És un convertidor d'energia que proporciona simultàniament electricitat i calor, la pila de combustible és un dispositiu que funciona aproximadament segons la reacció inversa de l'electròlisi.

La pila de combustible proporciona energia mitjançant l'oxidació d'un combustible (H_2) a l'ànode i la reducció d'un oxidant (O_2 o aire) al càtode. En el cas de l'hidrogen la reacció final és ben coneguda:



Per a una pila de combustible el rendiment màxim teòric és d'un 94,5% per a un procés a temperatura constant (isotèrmic) pròxima a la temperatura ambient, però les piles construïdes arriben a rendiments màxims al voltant del 60%, segons el tipus de pila, a causa de les irreversibilitats del sistema i les pèrdues d'energia. Ja que les piles no passen d'energia tèrmica a energia mecànica (que té baix rendiment) sinó directament d'energia química a energia elèctrica (que té major rendiment), d'aquí ve el millor rendiment elèctric de les piles comparat a les tecnologies citades anteriorment.

A més les PC poden arribar al 80-85% de rendiment si s'utilitza la calor sobrant per escalfar aigua i es combina amb sistemes de cogeneració (pila de combustible + turbina de gas). Amb el que s'aconsegueixen eficiències molt superiors a les de les màquines tèrmiques quan es treballa amb PC d'alta temperatura.

Avantatges

- Bons rendiments energètics
- Treballa sense soroll
- Ocupa poc espai
- Funciona a temperatura ambient
- Poc manteniment

Inconvenients

El problema principal d'aquesta tecnologia és el preu elevat, degut als metalls que porta principalment el platini que serveix de catalitzador, i té una durada de vida relativament baixa.

	Rendiment elèctric %	Rendiment tèrmic %
Motor alternatiu	35-45	45-50
Turbina	30-40	55-65
Pila de combustible	45-60	35-45

Taula 6:rendiments de les deferents tecnologies

Es veu que la tecnologia amb millor rendiment elèctric ho té la pila de combustible, la turbina té mes producció tèrmica , pel motor alternatiu, està entre valors mitjans. Així, per poder escollir la millor màquina per a la instal·lació és molt important determinar de manera precisa les demandes energètiques per poder deduir quina seria la tecnologia més adequada.

El càlcul de les demandes s'ha fet anteriorment i els resultats són els següents:

energia elèctrica KWhe/dia	3000
Calefacció KWht/dia	2467
ACS KWht/dia	2292
energia frigorífica KWht/dia	2322

Entre les tres tecnologies citades anteriorment, s'ha decidit instal·lar una màquina amb motor alternatiu, perquè:

- La tecnologia és molt madura i molt fiable.
- Té un rendiment elèctric superior a la turbina.
- És la més assequible econòmicament comparat a les altres tecnologies.

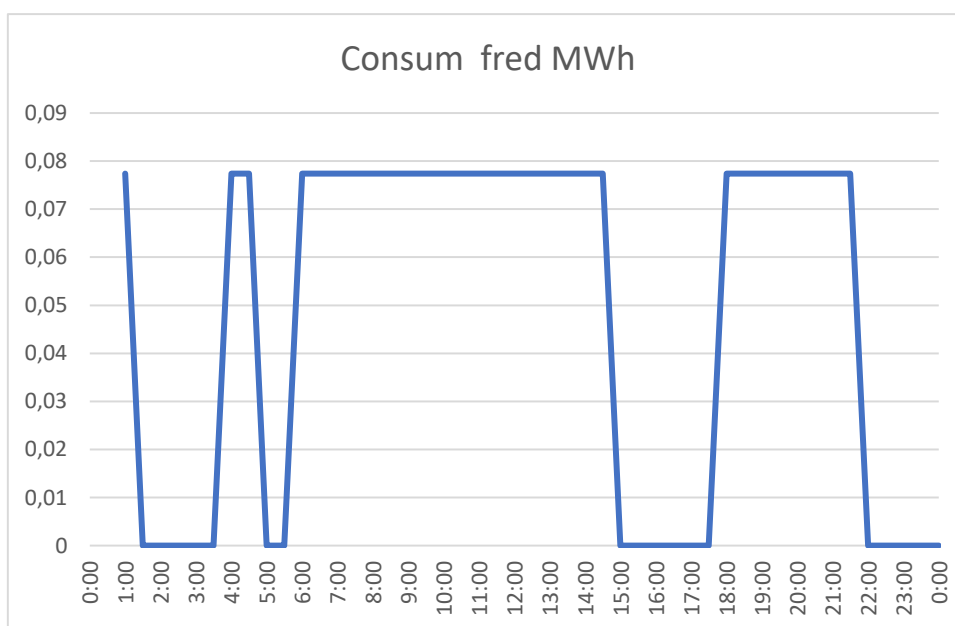
3.2.4. Maquina seleccionada:

Per a la combustió de l'hidrogen s'utilitzarà un motor a combustió interna de la marca Co-ENERGY, model MC 260-390, les característiques són a l'Annex pàgina 78

3.3. Maquina d'absorció:

Per la climatització a l'estiu, s'aprofitarà el calor generat pel sistema de combustió mitjançant una màquina d'absorció.

L'energia frigorífica diària és de 2322KWh, repartits en 15h, com es mostra en la gràfica:



Graf 1: Corba de consum de Fred

D'aquí es dedueix la potència necessària:

$\frac{2322\text{kWh}}{15\text{h}} = 154.8\text{kW}$, més 10% per les pèrdues en el transport i els intercanviadors de calor, la potència final serà de 170 kW

La màquina escollida és de la marca YAZAKI, model WFC-SC50, amb 176kW de potència frigorífica, les característiques estan representades a l'Annex pàgina 79.

La potència de calor a dissipar és de 428 kW, s'utilitzarà un intercanviador amb aire, l'intercanviador (2) de la figura.

Annex pàgina 80.

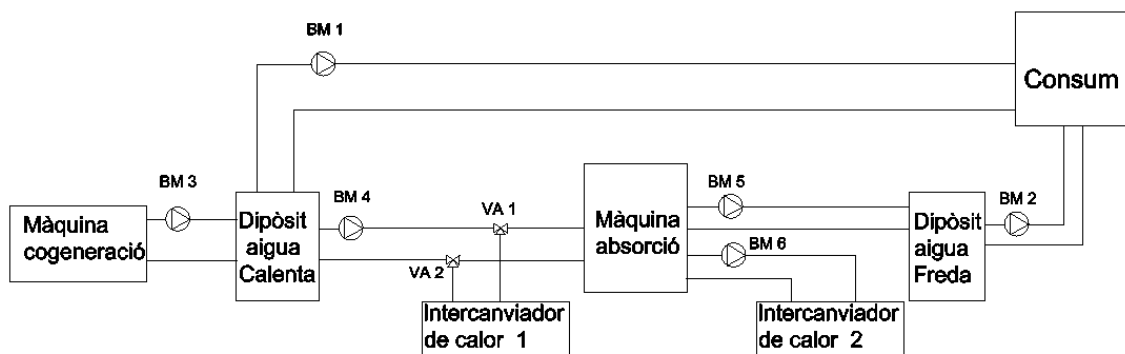


Fig8: Circuit aigua calenta i freda.

La potència i la calor que dissipa és lleugerament inferior a la màquina d'absorció escollida, però la potència frigorífica de la instal·lació és inferior al model escollit, això significa que la màquina funcionarà a un règim inferior i la calor es dissiparà correctament.

Suposem que l'evolució de la potència i la calor dissipada té un creixement lineal, fent una interpolació es pot determinar la calor real a dissipar de part de l'intercanviador.

$\frac{176}{428} = \frac{176-170.28}{428-X} \rightarrow X=414 \text{ kWt}$, seria la potència calorífica a dissipar per intercanviador (2) pel funcionament de la màquina d'absorció.

Per a l'intercanviador (1) es dimensionarà un cop seleccionada la potència final de l'equip de cogeneració.

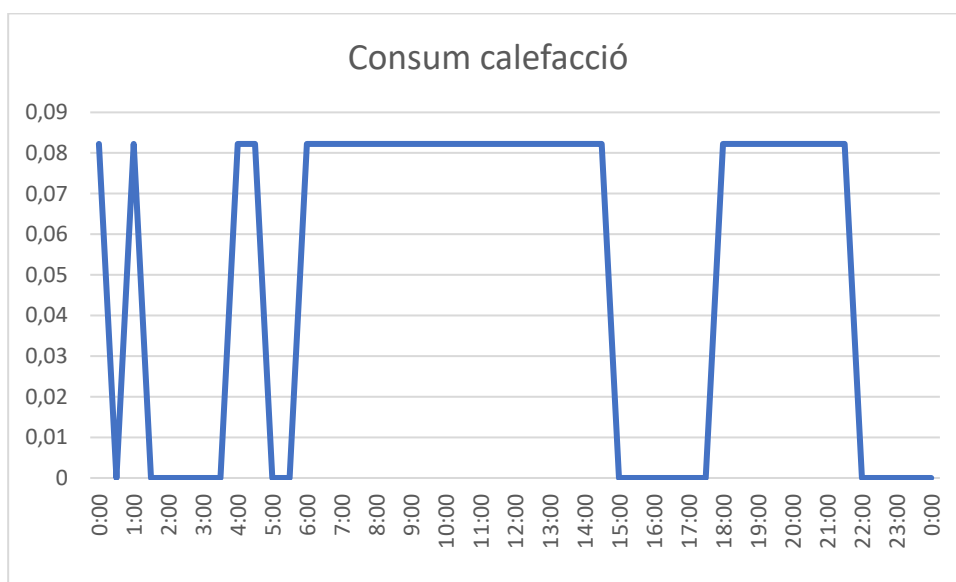
3.4. Sistema de bombeig

L'aigua calenta i freda produïda pel sistema s'ha d'enviar amb canalitzacions subterrànies al punt de consum i s'ha d'instal·lar un sistema de bombeig per assegurar el cabal necessari.

3.4.1. Calefacció i ACS (BM 1)

L'energia consumida per calefacció és de 2.467 MWh/dia, per ACS és de 2.292 MWh/dia, amb un total de 4.759 MWh/dia el sistema de bombeig hauria de tenir el cabal necessari per assegurar aquesta quantitat d'energia, però només pels mesos d'hivern ja que el resta de l'any només serà per ACS.

- Per la calefacció l'energia consumida és de 2467KWh al dia, si es reparteix en 15h:



Graf 2: Corba de consum de calefacció

$$\frac{2467\text{KWh}}{15\text{h}} = 164.46\text{kW (potencia calefacció)}$$

S'afegeixen 10% per compensar les pèrdues pel transport i l'eficiència dels intercanviadors de calor i la potència final serà de 180.90 kW.

$$\dot{Q} = \dot{m} * C_p * \Delta T \quad (7)$$

\dot{Q} : potència (kW)

\dot{m} : cabal màssic (kg/s)

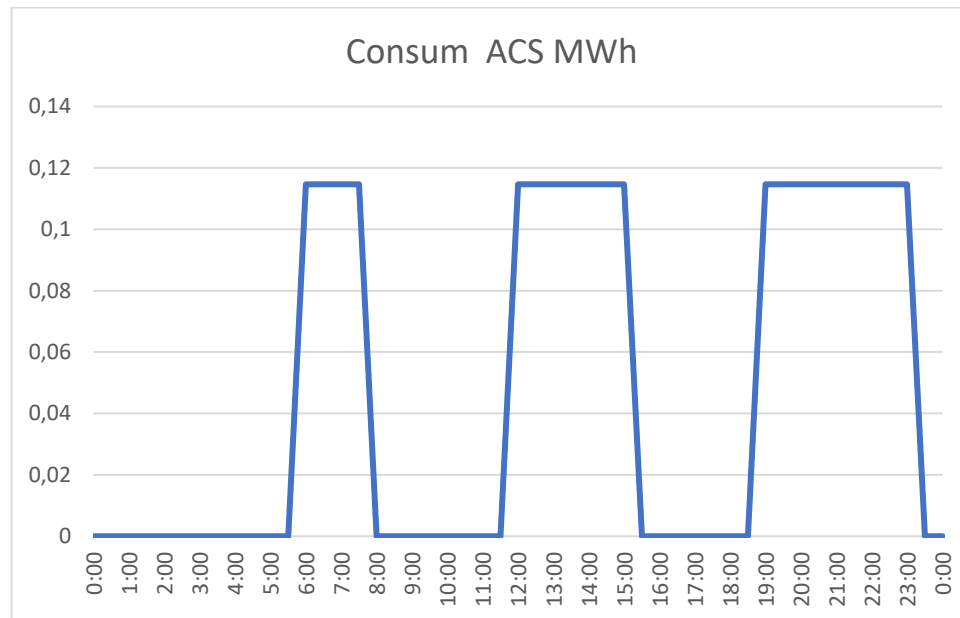
C_p : Calor específic de l'aigua 4.18 (kJ/kg°C)

ΔT : Salt de temperatura ($\Delta T = 15^\circ\text{C}$) a l'intercanviador de calor per la calefacció.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{C_p * \Delta T} = \frac{180.9}{4.18 * 15} = 2.88 \text{ Kg/s}$$

considerant que un litre d'aigua té una massa de 1 Kg, això correspon a 10.37 m³/h

- Per ACS, 2292KWh al dia durant 10 hores



Graf 3: Corba de consum ACS

$$\frac{2292\text{KWh}}{10\text{h}} = 229.2 \text{ kW}$$

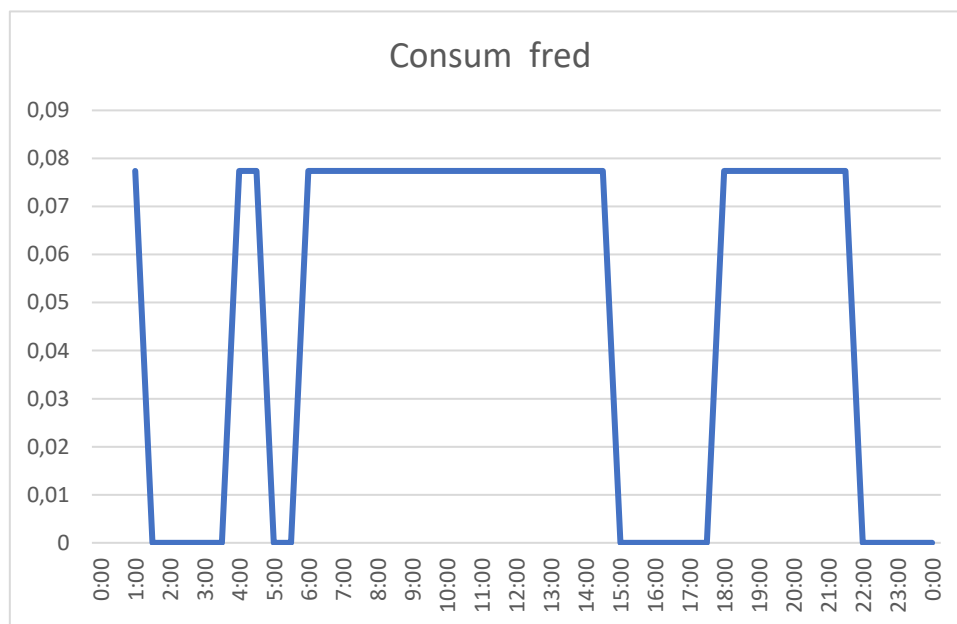
Més 10% = 252 kW

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{C_p * \Delta T} = \frac{252}{4.18 * 15} = 4.02 \text{ kg/s} = 14.47 \text{ m}^3/\text{h}$$

La suma de calefacció i ACS és 24.84 m³/h

3.4.2. Refrigeració (BM 2)

El mateix procediment pel cabal d'aigua freda, i agafant com ΔT el valor de la màquina escollida (12,5-7=5.5), durant 15 hores.



Graf 4: Corba de consum de climatització

$$\frac{2322\text{kWh}}{15\text{h}} = 154.8 \text{ kW} \quad , \text{ Més } 10\% = 170 \text{ kW}$$

$$\dot{m} = \frac{170.28}{4.18 \cdot (12.5 - 7)} = 7.40 \text{ Kg/s} = 26.66 \text{ m}^3/\text{h}$$

- El model de màquina d'absorció escollit té una potència frigorífica de 176kW i un cabal d'aigua freda de 7.64 l/s, suposant que 1 litre d'aigua té una massa d'un Kg, amb una sola unitat es podrà subministrar l'energia frigorífica necessària.

El sistema de bombeig ha d'assegurar un cabal de:

- Aigua calenta per calefacció 10.37m³/h
- Aigua calenta per ACS 14.47m³/h
- Total calefacció i ACS =24.84 m³/h
- Aigua freda per la climatització 26.66 m³/h

La bomba escollida és de la marca AN PUMP, model QI 80, amb un cabal d'aigua que va de 9.1m³/h a 60m³/h.

Annex pàgina 81

S'utilitzaran 2 bombes, una per al circuit d'aigua calenta, i una altra per al circuit d'aigua freda. La potència de la bomba varia entre 0.55 i 37 KW, en funció del cabal, i es considera que la progressió és lineal. Es pot deduir la potència de la bomba en funció del cabal fent una interpolació.

- ACS: $\frac{60-9.1}{37-0.55} = \frac{14.47-9.1}{X-0.55} = 4.39\text{kW}$
- ACS+Calefacció: $\frac{60-9.1}{37-0.55} = \frac{24.84-9.1}{X-0.55} = 11.82\text{kW}$
- Refrigeració: $\frac{90-9.1}{37-0.55} = \frac{26.66-9.1}{X-0.55} = 8.46\text{kW}$

L'energia que consumiran les bombes seran de :

- ACS (primavera i tardor): $4.39\text{kW} \times 10\text{h} = 43.9\text{kWh} = 0.0439\text{MWh}$
- Calefacció+ACS (hivern): $11.82\text{kW} \times 15\text{h} = 177.3\text{kWh} = 0.177\text{MWh}$
- Refrigeració(estiu:Refrigeració+ACS): $8.46\text{kW} \times 15\text{h} + 43.9 = 170.8\text{kWh} = 0.170\text{MWh}$

3.4.3. Bombes de circulació (BM 3,4,5,6)

El cabal d'aigua de les bombes és el següent

- BM 3: Aigua calenta del sistema de cogeneració **6.41 l/s (23.076 m³/h)**
- BM 4 : Aigua calenta del generador de la màquina d'absorció **12 l/s (43.2 m³/h)**, i l'alimentació de l'intercanviador de calor **13.88 l/s (49.96 m³/h)**
- BM 5 : Circuit primari aigua freda **7.64 l/s (27.5 m³/h)**
- BM 6 : Circuit de refredament pel dissipador de calor de la màquina d'absorció (intercanviador de calor 2) **25.6 l/s (92.16 m³/h)**

S'utilitzaran 3 bombes del model **QI 80**, i 1 **QI 100**

3.5. Perfil de producció elèctrica de la instal·lació solar:

La potència instal·lada del camp solar és de 10MW i la seva producció elèctrica variarà al llarg de l'any en funció de la radiació solar incident. A continuació es determinaran les hores de sol (HSP) per cada mes de l'any, per poder calcular l'energia disponible.

3.5.1. Inclinació dels panells:

Per tenir una producció elèctrica òptima tot l'any és molt important orientar de manera adequada els panells per produir la màxima energia, per això s'agafarà la latitud del lloc de la instal·lació i s'afegiran 10 °, i així tindrem 41+10=51. L'angle final dels panells serà de 51° orientació Sud.

3.5.2. HSP

L'HSP d'una localitat és el nombre d'hores que hauria d'haver una irradiància de 1000 W / m² per igualar l'energia diària incident realment en aquesta localitat. Es defineix com el temps en hores d'una hipotètica irradiació solar constant de 1000W / m².

A partir de de la radiació solar $H\left(\frac{KJ/m^2}{dia}\right)$ per l'angle escollit (51°), es calcula la HSP equivalent de la manera següent:

$$HSP(51^\circ) = H(51^\circ) \left(\frac{KJ/m^2}{dia} \right) \times 0.0239 \times 0.0116 \quad (3)$$

- Exemple pel mes de Gener utilitzant els valors donats per la web de la comissió europea PVGIS:

Irradiància solar mitjana diària Mes de Gener:

Base de dades de radiació solar : PVGIS-CMSAF

Inclinació del plano 51 graus Orientació (azimut) del plano: 0 graus

hora	G	G _d	G _c	DNI	DNI _c	A	A _d	A _c
7:37	91	38	137	118	233	167	46	288
7:52	143	59	220	167	330	251	80	427
8:07	194	77	304	210	416	311	95	531
8:22	239	89	380	246	487	359	106	614
8:37	282	101	452	276	545	399	115	682
8:52	322	111	520	300	593	432	123	738
9:07	359	120	583	320	633	460	130	785
9:22	393	127	642	337	667	484	135	823
9:37	425	134	697	352	695	503	140	855
9:52	453	140	746	364	719	520	144	882
10:07	479	145	791	374	740	534	148	904
10:22	501	150	830	383	756	545	151	923
10:37	520	153	864	390	770	555	153	938
10:52	536	156	892	395	781	563	155	950
11:07	549	159	915	400	790	568	156	959
11:22	559	160	932	403	796	573	157	966
11:37	565	161	944	405	801	576	158	970
11:52	569	162	949	406	803	577	158	972
12:07	569	162	949	406	803	577	158	972
12:22	565	161	944	405	801	576	158	970
12:37	559	160	932	403	796	573	157	966
12:52	549	159	915	400	790	568	156	959
13:07	536	156	892	395	781	563	155	950
13:22	520	153	864	390	770	555	153	938
13:37	501	150	830	383	756	545	151	923
13:52	479	145	791	374	740	534	148	904
14:07	453	140	746	364	719	520	144	882
14:22	425	134	697	352	695	503	140	855
14:37	393	127	642	337	667	484	135	823
14:52	359	120	583	320	633	460	130	785
15:07	322	111	520	300	593	432	123	738
15:22	282	101	452	276	545	399	115	682
15:37	239	89	380	246	487	359	106	614
15:52	194	77	304	210	416	311	95	531
16:07	143	59	220	167	330	251	80	427
16:22	91	38	137	118	233	167	46	288
16:37	16	15	11	0	0	9	8	6

La hora mostrada es la hora solar local

G: Irradiància global sobre un pla fixe (W/m²)

G_d: Irradiància difusa sobre un pla fixe (W/m²)

G_c: Irradiància global cel clar sobre un plano fixe (W/m²)

DNI: Irradiància directa normal (W/m²)

DNI_c : Irradiància directa normal cel clar (W/m^2)
 A : Irradiància global sobre un pla amb seguiment a 2 eixos (W/m^2)
 A_d : Irradiància difusa sobre un pla amb seguiment a 2 eixos (W/m^2)
 A_c : Irradiància global cel clar sobre un pla amb seguiment a 2 eixos (W/m^2)

Taula :PVGIS© Comunidades europeas, 2001-2012

La reproducción está autorizada, siempre que se informe de la Fuente

- a. En primer lloc s'han de sumar els valors de la irradiància rebuda en tot el dia en (W) multiplicat pel ΔT de 15 min (0.25 hores) :

G(W)	ΔT (h)	H(Wh)
91	0,25	22,75
143	0,25	35,75
194	0,25	48,5
239	0,25	59,75
282	0,25	70,5
322	0,25	80,5
359	0,25	89,75
393	0,25	98,25
425	0,25	106,25
453	0,25	113,25
479	0,25	119,75
501	0,25	125,25
520	0,25	130
536	0,25	134
549	0,25	137,25
559	0,25	139,75
565	0,25	141,25
569	0,25	142,25
569	0,25	142,25
565	0,25	141,25
559	0,25	139,75
549	0,25	137,25
536	0,25	134
520	0,25	130
501	0,25	125,25
479	0,25	119,75
453	0,25	113,25
425	0,25	106,25
393	0,25	98,25
359	0,25	89,75
322	0,25	80,5
282	0,25	70,5
239	0,25	59,75
194	0,25	48,5
143	0,25	35,75
91	0,25	22,75
16	0,25	4
		3593,5

Taula 7:Produccio energètica diària per Gener



$$3593.5Wh = 3.5935 kWh/m^2/dia$$

$$H(51^\circ) = 3.5935 kWh/m^2/dia \times \frac{3600s}{1h} \times \frac{1kJ}{1kW} = 12936.6 kJ/m^2/dia$$

$$HSP(Gener) = 12936.6 \times 0.0239 \times 0.0116 = 3.59h$$

A continuació es mostren els resultats obtinguts per tots els mesos d l'any:

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
<i>H(51°)</i> <i>kJ/m²/dia</i>	12936,6	15925,09	22418,1	20308,5	21024	21650,4	22788,9	22842,9	22231,8	19700,1	15849	12186,9
<i>HSP(51°)</i> <i>hores al dia</i>	3,59	5,15	6,22	5,63	5,83	6,00	6,32	6,34	6,16	5,73	4,39	3,38

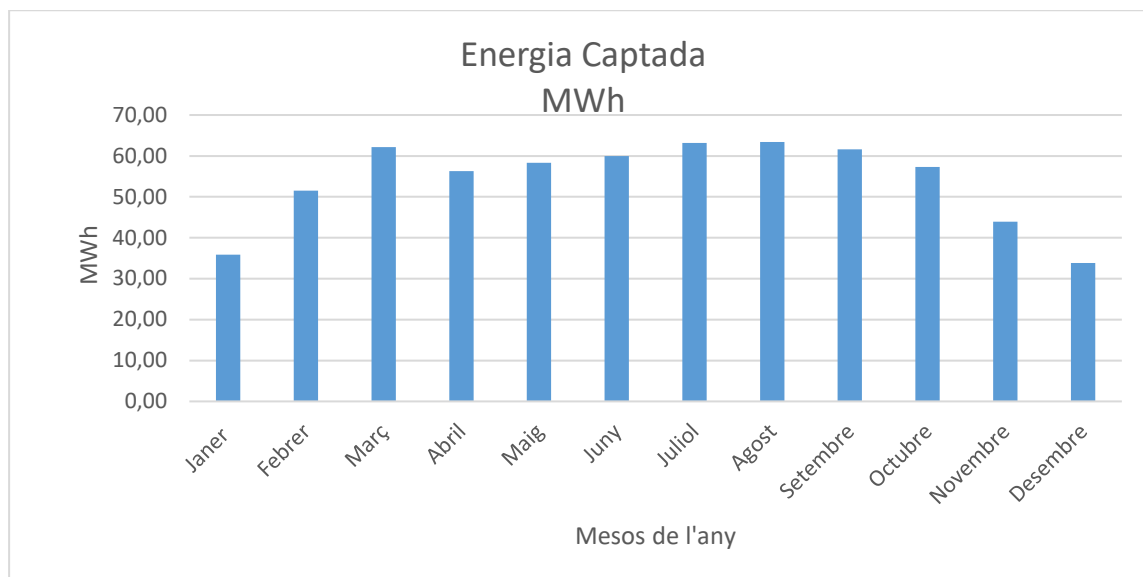
Taula 8:HSP(51°) per tots els mesos de l'any

- b. Per determinar la quantitat d'energia mitjana rebuda d'un dia de cada mes per el camp fotovoltaic, només caldrà multiplicar la HSP per la potència instal·lada que és de 10MW

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
<i>HSP(51°)</i> <i>hores al dia</i>	3,59	5,15	6,22	5,63	5,83	6,00	6,32	6,34	6,16	5,73	4,39	3,38
<i>MWh</i>	35,90	51,50	62,18	56,29	58,29	59,98	63,18	63,38	61,58	57,29	43,91	33,83

Taula 9:Energia total rebuda cada dia de cada mes en (MWh)

Aquests valors són els teòrics utilitzant el mètode del HSP.



Graf 5: Perfil de producció energètica pel camp solar

Nota

Per fer un perfil de consum per tots els mesos de l'any, serà molt difícil tenir valors exactes sobre tot pel tema de la calefacció y l'aire condicionat, per fer aproximacions es dividirà en estacions, i es considerarà que cada 3 mesos el consum és constant.

Els valors de consum s'han calculat anteriorment:

<i>energia elèctrica KWhe/dia</i>	<i>3000</i>
<i>Calefacció KWht/dia</i>	<i>2467</i>
<i>ACS KWht/dia</i>	<i>2292</i>
<i>energia frigorífica KWht/dia</i>	<i>2322</i>

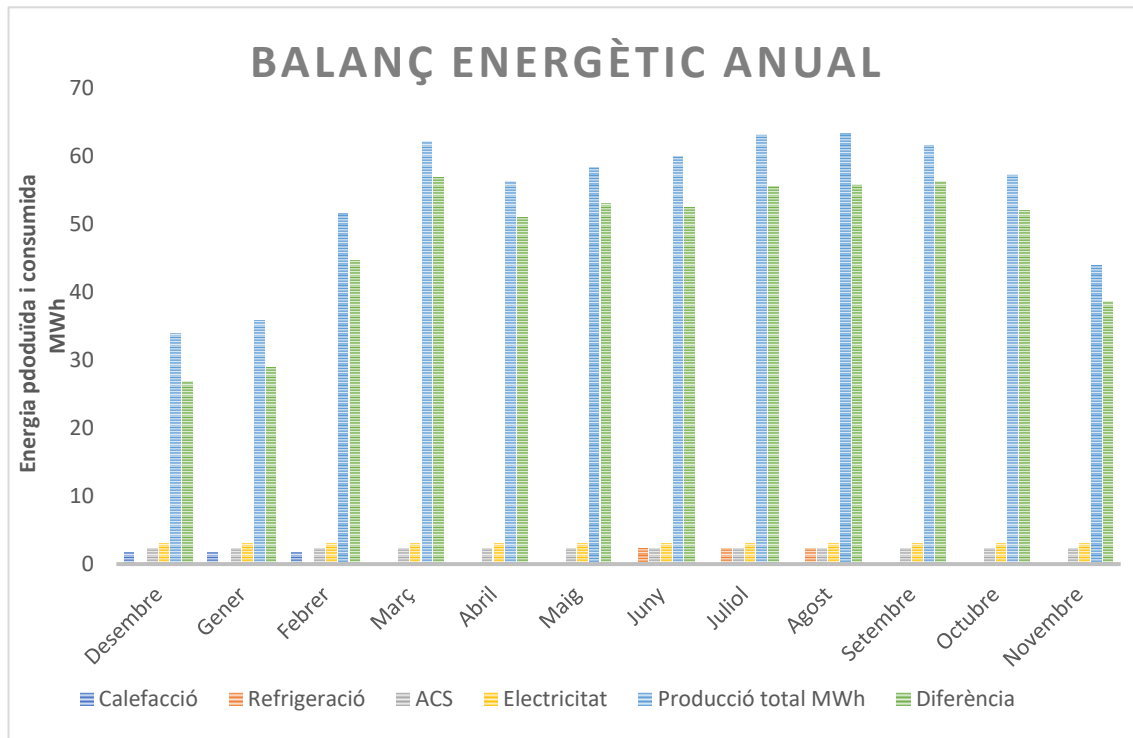
Es considerarà que:

- ❖ El consum d'energia per calefacció serà només pels 3 mesos d'hivern
- ❖ El consum d'energia per la climatització serà només pels 3 mesos d'estiu
- ❖ El consum elèctric i de ACS per tot l'any

Pel consum elèctric a més del consum de les cases s'ha d'afegir l'energia que es dedicarà al bombeig de l'aigua calenta i freda.

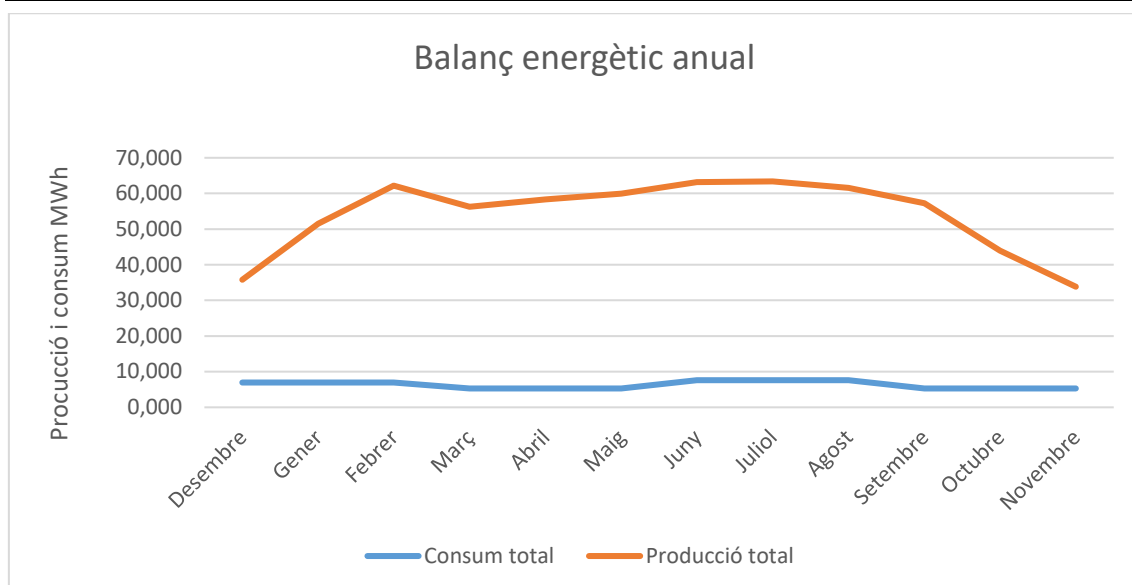
- Pels mesos d'hivern, hi haurà una sola bomba en funcionament Per calefacció i ACS (177 kWh/dia)
- Pels mesos de primavera i tardor una sola per ACS (43.9 kWh/dia)
- Pels mesos d'estiu, una bomba per ACS i una altre per l'aigua freda (170.8 kWh/dia)

La gràfica següent mostra la diferència entre consum total i producció elèctrica al llarg de tot l'any per cada dia tipus de cada mes, començant pel primer mes de l'hivern:



Graf 6: Balanç energètic anual

En els mesos de desembre i gener hi ha menys excedent energètic, degut al consum de calefacció i a la baixada de producció elèctrica en els mesos d'hivern, per la disminució de la radiació solar.



Graf 7: Consum i producció anual

3.6. Producció diària d'hidrogen

3.6.1. Hidrogen produït utilitzant tota l'energia sobrant

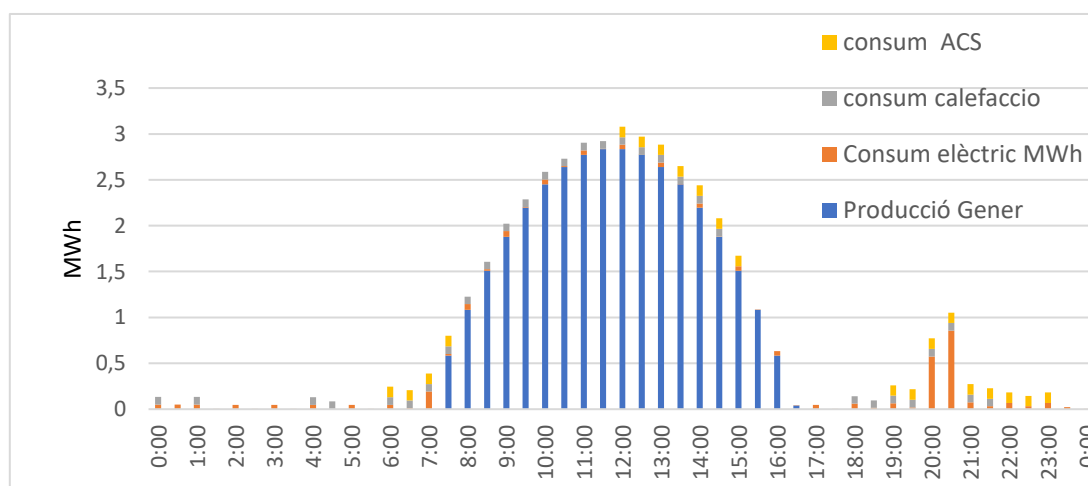
La màquina d'electròlisi escollida té un consum energètic de 4,8 kWh per cada m³ d'hidrogen produït, doncs segons l'excedent de potència del balanç energètic que varia cada mes, la màquina produirà una certa quantitat d'hidrogen, tenint en compte les pèrdues en els convertidors, transformadors i la línia de transport.

Els convertidors solen tenir un rendiment molt alt de l'ordre del 98%, els transformadors de l'ordre del 95%, les pèrdues en la línia de transport és directament proporcional a la seva longitud, en aquest cas se suposa que les pèrdues seran mínimes ja que la instal·lació fotovoltaica serà a poc kilòmetres de distància, seran de l'ordre del 2%, per un rendiment doncs del 98%.

Els percentatges de l'energia total recuperada serà

$$0.98 \times 0.95 \times 0.98 \times 0.95 = 0.8667 \rightarrow 86.67\%$$

Al llarg del dia el consum total estarà cobert per la instal·lació solar i l'excedent d'energia es destinarà a la producció d'hidrogen, només després de la posta de sol que s'utilitzarà per a la producció energètica. A continuació es farà un balanç total (producció elèctrica, consum energètic, producció d'hidrogen) al llarg d'un dia de Gener tenint en compte les pèrdues.



Graf 8: Balanç energètic per un dia del mes de Gener

Durant les hores de sol la totalitat de l'energia consumida vindrà del camp solar, entre les 7:30 i 16:30, i amb tot l'excedent d'energia es destinarà a la producció d'hidrogen que s'utilitzarà entre les 16:00 i les 7:30 del dia següent.

Els perfils de consum d'un dia típic de cada mes es mostren en la taula següent. Es recorda que la calefacció només s'utilitza l'hivern, el fred només a l'estiu, el consum elèctric i ACS tot l'any.

Hora	Consum electric MWh	consum calefaccio MWh	consum fred MWh	consum ACS MWh
0:00	0,050	0,082	0,07	0
0:30	0,050	0		0
1:00	0,050	0,082	0,077	0
1:30	0,003	0	0	0
2:00	0,048	0	0	0
2:30	0,003	0	0	0
3:00	0,048	0	0	0
3:30	0,003	0	0	0
4:00	0,048	0,082	0,077	0
4:30	0,003	0,082	0,077	0
5:00	0,048	0	0	0
5:30	0,003	0	0	0
6:00	0,048	0,082	0,07	0,114
6:30	0,012	0,082	0,07	0,114
7:00	0,192	0,082	0,07	0,114
7:30	0,018	0,082	0,07	0,114
8:00	0,063	0,082	0,07	0
8:30	0,015	0,082	0,077	0
9:00	0,06	0,082	0,077	0
9:30	0,009	0,082	0,077	0
10:00	0,054	0,082	0,077	0
10:30	0,009	0,082	0,077	0
11:00	0,051	0,082	0,077	0
11:30	0,003	0,082	0,077	0
12:00	0,048	0,082	0,077	0,114
12:30	0,003	0,082	0,077	0,114
13:00	0,048	0,082	0,077	0,114
13:30	0,003	0,082	0,077	0,114
14:00	0,048	0,082	0,077	0,114
14:30	0,003	0,082	0,077	0,114
15:00	0,048	0	0	0,114
15:30	0,003	0	0	0
16:00	0,048	0	0	0
16:30	0,003	0	0	0
17:00	0,048	0	0	0
17:30	0,003	0	0	0
18:00	0,06	0,082	0,077	0
18:30	0,015	0,082	0,077	0
19:00	0,064	0,082	0,077	0,114
19:30	0,019	0,082	0,077	0,114
20:00	0,575	0,082	0,077	0,114
20:30	0,856	0,082	0,077	0,114
21:00	0,076	0,082	0,077	0,114
21:30	0,031	0,082	0,077	0,114
22:00	0,067	0	0	0,114
22:30	0,031	0	0	0,114
23:00	0,067	0	0	0,114
23:30	0,021	0	0	0
0:00	0,003	0	0	0

Taula 10: Perfil de consum diari per casa



El mes de gener té consum elèctric, ACS i calefacció, entre les 7:30 i 16:30, i l'energia total consumida és de 2.688MWh, afegint l'energia destinada al bombeig (0.153MWh), el valor total és de 2.841 MWh, tenint en compte les pèrdues $\frac{2.841}{0.8667} = 3.27\text{MWh}$ destinades al consum directe, l'energia total produïda pel camp solar és de 35.83MWh.

$35.90 - 3.27 = 32.63\text{MWh}$ d'energia sobrant durant el dia, però s'ha de tenir en compte les pèrdues:

$32.63\text{MWh} \times 0.8667 = 28.28\text{MWh}$ d'energia disponible per la producció d'hidrogen.

Com s'ha mencionat abans, la màquina d'electròlisi més la compressió consumeix 5.166 KWh per cada m^3 d'hidrogen produït, la quantitat d'hidrogen produïda serà la següent:

$$28.28\text{MWh} \times \frac{1\text{m}^3}{5.166\text{KWh}} \times \frac{10^3\text{KWh}}{1\text{MWh}} = 5474.25\text{m}^3$$

Per tenir l'equivalent en Kg es farà de la manera següent:

$$5474.25(\text{H}_2) \times \frac{1000\text{l}(\text{H}_2)}{1\text{m}^3(\text{H}_2)} \times \frac{1\text{mol}(\text{H}_2)}{22.4\text{l}(\text{H}_2)} \times \frac{2\text{g}(\text{H}_2)}{1\text{mol}(\text{H}_2)} \times \frac{1\text{Kg}(\text{H}_2)}{1000\text{g}(\text{H}_2)} = 488.77\text{Kg}(\text{H}_2)$$

A continuació es representen els resultats per tots els mesos de l'any:

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
Consum hores de sol MWh	2,84	3,23	2,11	2,29	2,54	7,89	7,89	7,71	2,62	2,70	2,01	3,43
Amb pèrdues MWh	3,21	3,66	2,38	2,59	2,87	8,92	8,92	8,71	2,96	3,05	2,27	3,88
Energia solar produïda MWh	35,90	51,50	62,17	56,29	58,28	59,98	63,17	63,37	61,58	57,28	43,91	33,83
Energia sobrant MWh	32,63	47,83	59,79	53,69	55,41	51,05	54,25	54,65	58,62	54,23	41,64	29,95
Menys les pèrdues MWh	28,28	41,46	51,82	46,54	48,03	44,25	47,02	47,37	50,81	47,01	36,09	25,95
Hidrogen produir $\text{m}^3 \times 10^3$	5,47	8,02	10,03	9,01	9,29	8,56	9,10	9,17	9,83	9,09	6,98	5,02
Equivalent en Kg	488,77	716,60	895,70	804,32	830,08	764,77	812,61	818,75	878,09	812,38	623,80	448,62

Taula 11: Producció diària d'hidrogen

El resta de les hores el consum energètic total és de:

Consum elèctric MWh	2.550
Calefacció MWh	1.233
ACS MWh	1.376
Total MWh	5.159

Afegint el consum elèctric destinat al bombeig de l'aigua en la resta de les hores, pel mes de Gener (0.255MWh), l'energia total consumida és de :

$$5.159+0.255=5.414 \text{ MWh}$$

Ara es determinarà la quantitat d'hidrogen necessària per assumir aquesta energia tenint en compte el rendiment de la màquina escollida :

($\eta_e=37\%$, $\eta_{th}=55\%$, $\eta_{tot}=92\%$).

Els dipòsits d'emmagatzematge de l'aigua calenta rebran energia tèrmica que ve de la recuperació de la calor de la màquina de cogeneració, i un suport amb resistència elèctrica.

El PCS $H_2=141860 \text{ KJ/Kg}$

$$141860 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}(H_2)} \times \frac{1\text{MWh}}{3.6 \times 10^6 \text{KJ}} = 3.94 \times 10^{-2} \frac{\text{MWh}}{\text{Kg}(H_2)}$$

$$5.414\text{MWh} \times \frac{1\text{Kg}}{3.94 \times 10^{-2}\text{MWh}} = 137.411\text{Kg}(H_2)$$

Tenint en compte el rendiment del 92%

$\frac{137.411\text{Kg}(H_2)}{0.92} = 149.360\text{Kg}(H_2)$, és la quantitat de di hidrogen necessària per assumir el consum energètic en hores sense sol per un dia típic de Gener.

Al final la quantitat sobrant serà:

$$488.77\text{Kg} - 149.36\text{Kg} = 339.41\text{Kg}(H_2)$$

És la quantitat d'hidrogen que sobra en un dia típic del mes de Gener, que es pot destinar per l'alimentació de vehicles amb pila de combustible, que sigui d'ús privat o de transport públic.

A continuació es representa el balanç per tots els mesos de l'any:

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
Consum hores sense sol MWh	5,41	5,01	5,96	5,78	5,53	6,57	6,57	6,76	5,45	5,37	6,06	4,81
Amb pèrdues MWh	137,41	127,32	151,47	146,71	140,51	166,89	166,89	171,62	138,52	136,38	154,01	122,28
Rendiment 92%	149,36	138,39	164,64	159,47	152,73	181,41	181,41	186,54	150,56	148,24	167,40	132,92
H2 sobrant Kg	339,41	578,20	731,06	644,84	677,35	583,36	631,20	632,21	727,52	664,13	456,40	315,69

Taula 12: Balanç energètic global i producció diària d'hidrogen

3.7. Rendiment global de la instal·lació:

Per determinar el rendiment es considerarà només el consum en hores sense sol, perquè durant el dia les necessitats estaran cobertes directament per la producció fotovoltaica i no passarà pel conjunt dels equipaments estudiats.

El rendiment de la instal·lació estarà afectat per l'eficiència dels elements següents:

- a) Màquina d'electròlisi + Compressió 68.09%.
- b) Sistema de combustió (92%)

El rendiment total serà de: $0.6809 \times 0.92 = 0.6264\%$ **$\eta=62.64\%$**

3.8. Utilització de l'hidrogen sobrant:

Com s'ha mencionat a la introducció, l'hidrogen que sobra es destinarà a l'alimentació de vehicles elèctrics funcionant amb pila de combustible, com cotxes i autobusos, i la quantitat sobrant cada dia és molt important. A continuació es farà un estudi sobre el nombre de vehicles que s'alimentaran i els ingressos corresponents.

3.8.1. Vehicles alimentats en hidrogen:

El consum depèn de si és un cotxe individual o autobús pel transport públic. Segons les dades dels constructors un cotxe d'ús individual té un dipòsit que pot guardar de mitjana 5 Kg de H₂ a una pressió entre 300 i 700 bars, per una autonomia de 500 km, el que fa 1kg H₂/100Km; per els autobusos la capacitat dels dipòsits és de 38 kg per una autonomia de 350 km, doncs segons la quantitat d'hidrogen destinat a la mobilitat es podran alimentar diàriament els vehicles següents: (Cotxes i/o autobusos)

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
H2 sobrant cada dia (Kg)	339,5	578,20	731,06	644,84	677,35	583,36	631,20	632,21	727,52	664,13	456,40	315,69
Cotxes al dia	67,85	115,64	146,21	128,97	135,47	116,67	126,24	126,44	145,50	132,83	91,28	63,14
Autobusos al dia	8,93	15,22	19,24	16,97	17,82	15,35	16,61	16,64	19,15	17,48	12,01	8,31

Taula 13: vehicles alimentats en H₂ en un dia de cada més

S'ha de recordar que el camp d'utilització de l'hidrogen en el transport no es limita només en cotxes i autobusos ja que s'estan desenvolupant vehicles adaptats a l'hidrogen com trens, vaixells, motos, bicicletes i, fins i tot i encara que sigui molt marginal, prototips d'avions, sense oblidar la indústria aeroespacial ja que l'hidrogen és un dels combustibles més utilitzats per la propulsió dels coets. Tot i això, en aquest estudi es tindrà en compte només cotxes i autobusos.

3.8.2. Ingressos

a) Per l'hidrogen sobrant:

De mitjana el preu d'un Kg d'hidrogen varia entre 8 i 10€/Kg. S'espera un baixada d'aquest preu en els pròxims anys amb el creixement del mercat, i la venda de la part sobrant generarà ingressos importants anualment calculats en la taula següent per un preu de 9€/Kg:

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
H2 sobrant cada dia (Kg)	339,25	578,20	731,06	644,84	677,35	583,36	631,20	632,21	727,52	664,13	456,40	315,69
€/dia X 10 ³	3,05	5,20	6,57	5,80	6,09	5,25	5,68	5,68	6,54	5,97	4,10	2,84
€/mes X 10 ³	94,65	161,31	184,22	179,91	182,88	162,75	170,42	176,38	202,97	179,31	127,33	85,23
Total anual	1.907.424,33 €											

Taula 14: Ingressos anuals

b) Per la venda d'electricitat, calor i fred

Segons un estudi fet per companyies energètiques, de mitjana la factura d'electricitat d'una família és de 56€ a mes, i 40€ pel gas. Amb un total de 96€ mensual, els ingressos mitjans anuals per a les 300 cases serà de 345.600 €.

Nota

En aquest projecte es basa sobre la producció i us de l'hidrogen només, la venda de l'oxigen també és una possibilitat, i generarà ingressos.

3.9. Avaluació mediambiental del projecte:

Al ser una instal·lació destinada a l'optimització de l'energia elèctrica d'origen renovable, el resultat final serà necessàriament menys ús de combustibles fòssils, per tant, menys emissions de diòxid de carboni i altres gasos generats per a la combustió d'hidrocarburs.

La instal·lació estudiada genera energia (elèctrica, tèrmica i frigorífica) en el moment on el camp fotovoltaic deixa de produir, l'energia emmagatzemada s'utilitzarà en aquest període en què, en molts casos s'hagués perdut. Si en aquest període el subministrament energètic s'hagués fet a través de xarxa elèctrica, des de centrals a cycle combinat, per exemple, el procés de generació hagués produït una gran quantitat de gasos hivernacles.

Un altre punt important és el fet de poder fer funcionar vehicles amb pila de combustible, utilitzant l'hidrogen produït i emmagatzemat.

A continuació es determinarà la quantitat de diòxid de carboni estalviat per a la instal·lació.

3.9.1. Pel consum de la població:

a) Consum elèctric:

La producció elèctrica en general és generada per una mescla de diferents tecnologies i cada país té el seu propi mix energètic que afavoreix una tecnologia o una altra.

S'ha de tenir en compte que això va variant al llarg de l'any en funció de les necessitats i condicions climàtiques, així que en dies assolellats la producció solar serà alta, com els dies amb vent serà la producció eòlica.

Segons la web de Red Electrica Española (REE) per un dia típic del mes de juny la producció elèctrica s'ha fet segons el mix següent:

BALANCE DE GENERACIÓN MEDIDA



06 / 2019

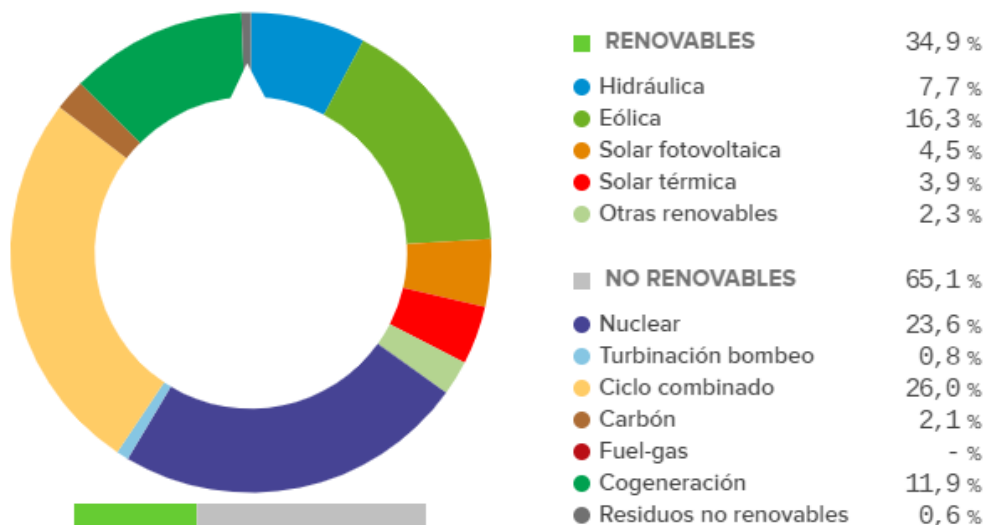


Fig 9: Mix energètica de l'estat Espanyol pel mes de juny 2019

<https://www.esios.ree.es/es>

Això és de manera general, però cada companyia elèctrica té les seves pròpies centrals i, per tant, el seu propi mix, per tot això la generació del CO₂ varia d'un país a l'altre i d'una companyia elèctrica a l'altra.

Segons una factura emesa per ENDESA, les emissions de CO₂ per kWh produït són de 0.39Kg.

Annex pàgina 86

El consum elèctric diari de la població en hores sense sol és de 2550 kWh/dia, el qual vindria de la xarxa elèctrica, pel qual s'afegeix el consum per a la climatització ja que les màquines d'aire condicionat consumeixen energia elèctrica. En hores sense sol el consum frigorífic és de 1161 kWh.

Nota:

Pels mesos d'estiu el consum elèctric per a la refrigeració serà inferior a la demanda frigorífica degut al cicle de funcionament de la màquina frigorífica. No es parla de rendiment però de Coeficient of performance (COP), o coeficient de rendiment, dona la relació entre l'energia de compressió i l'energia frigorífica produïda, i és un valor sempre superior a 1. Des de l'1 de gener 2013 els fabricants estan obligats a etiquetar les màquines amb nous criteris denominats SEER i SCOP.

Factor d'Eficiència Energètica Estacional (SEER): És el factor d'eficiència energètica global de la unitat, representativa de tota la temporada de refrigeració, calculada com a demanda anual de refrigeració de referència dividida pel consum anual d'electricitat per refrigeració.

Coeficient de rendiment estacional (SCOP).- Coeficient global de rendiment de la unitat, representativa de tota la temporada de calefacció designada (el valor de SCOP correspon a una temporada de calefacció determinada). Es calcula dividint la demanda anual de calefacció de referència pel consum anual d'electricitat per calefacció.

Com es veu en la figura **Annex pàgina 82**, el consum elèctric és inferior a la producció frigorífica.

[Documentació : EUOFRED](#)

En aquest cas el COP de la màquina es calcula dividint la potència frigorífica 2700 kW per la potencia elèctrica 805 kW, el valor serà de 3.35.

Per tan el valor de l'energia elèctrica que es dedicaria a la refrigeració seria:

$$\frac{1161 \text{ KWh}}{3.35} = 346.57 \text{ kWh}$$

$$2550 + 346.57 = 2896.57 \text{ kWh/dia}$$

$$2896.57 \frac{\text{kWh}}{\text{dia}} \times \frac{0.39 \text{ Kg}}{\text{kWh}} = 1129.66 \text{ Kg CO}_2/\text{dia}$$

Multiplicant pels 30 dies del mes de juny arribem a un valor de 33.89 tones /mes

El mateix càlcul pels residus radioactius :

Els residus radioactius son de 0.69mg/kWh

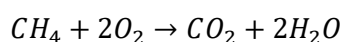
Annex pàgina 86

$$2896.57 \frac{\text{kWh}}{\text{dia}} \times 0.69 \frac{\text{mg}}{\text{kWh}} \times 30 \text{ dies/mes} = 59959.00 \text{ mg/mes} = 0.0599 \text{ Kg/mes.}$$

b) Consum de gas natural:

Per la calefacció i ACS, se suposarà que estaria assegurat per calderes de gas natural.

La combustió del metà genera diòxid de carboni i aigua (mes una certa quantitat d'òxid de nitrogen).



El PCI del metà és de 39,90 MJ/Kg

- El consum d'energia per ACS és constant tot l'any 2292 KWh/dia

$$39,90 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}} \times \frac{0,28 \text{KWh}}{1 \text{MJ}} = 11,17 \text{KWh/Kg}$$

Si considerem que el rendiment de les calderes de gas són al voltant de 95%⁽¹⁾

(1): <https://www.climahorro.es/calderas/calderas-gasoil/baxi-lidia-20-gt-em-eco.html>

$$\frac{2292 \text{KWh}}{\text{dia}} \times \frac{1}{0,95} \times \frac{1 \text{KgCH}_4}{11,17 \text{KWh}} \times \frac{1000 \text{gCH}_4}{1 \text{KgCH}_4} \times \frac{1 \text{molCH}_4}{16 \text{gCH}_4} \times \frac{1 \text{molCO}_2}{1 \text{molCH}_4} \times \frac{44 \text{gCO}_2}{1 \text{molCO}_2} \times \frac{1 \text{KgCO}_2}{1000 \text{gCO}_2} =$$

$$593,98 \text{KgCO}_2/\text{dia}$$

- El consum per calefacció és només en el període d'Hivern, i és de 2467KWh/dia

$$\frac{2467 \text{KWh}}{\text{dia}} \times \frac{1}{0,95} \times \frac{1 \text{KgCH}_4}{11,17 \text{KWh}} \times \frac{1000 \text{gCH}_4}{1 \text{KgCH}_4} \times \frac{1 \text{molCH}_4}{16 \text{gCH}_4} \times \frac{1 \text{molCO}_2}{1 \text{molCH}_4} \times \frac{44 \text{gCO}_2}{1 \text{molCO}_2} \times \frac{1 \text{KgCO}_2}{1000 \text{gCO}_2} =$$

$$639,32 \text{KgCO}_2/\text{dia}$$

Per un total de 1233.31 KgCO₂/dia

A continuació els càlculs per tot l'any:

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
Consum electric en hores sense sol MWh	2,55	2,36	2,23	2,17	2,06	3,89	3,89	3,94	2,09	1,76	2,34	2,36
Kg CO2 /dia	0.99	0.91	0.87	0.84	0.80	1.12	1.66	1.68	0.81	0.68	0.91	0.91
Tones CO2/mes	30,83	25,75	27,02	25,41	24,86	33,89	51,71	52,31	24,43	21,34	27,38	28,51
Tones CO2 /any (373,43											
Consum ACS MWh	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29
Consum calefaccio MWh	2,47	2,47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,47
Kg CO2 /dia	1.23	1.23	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	1.23
Tones CO2/mes	38,23	34,53	18,41	17,82	18,41	17,82	18,41	18,41	17,82	18,41	17,82	38,23
Tones CO2 /any	274,32											
Total anual Tones CO2 /any	647,75											

Taula 15 : Tones de CO2 estalviat anualment

c) Consum vehicles

Actualment el sector del transport està fent molt esforços per a la mobilitat amb hidrogen, especialment en el transport públic. Les emissions de CO₂ d'un autobús urbà funcionant amb gas natural són de mitjana 75 Kg/100 Km, suposem una distància mitjana de 75 km/dia, les emissions seran de 56.25 Kg CO₂/dia.

El balanç anual és el següent

	Des	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov
Autobusos al dia	9,00	15,00	19,00	17,00	18,00	15,00	16,00	16,00	19,00	17,00	12,00	8,00
Kg CO2/dia	506,25	843,75	1068,75	956,25	1012,5	843,75	900	900	1068,75	956,25	675	450
Ton CO2/mes	15,69	23,63	33,13	28,69	31,39	25,31	27,90	27,90	32,06	29,64	20,25	13,95
Tones CO2/any	309,54											

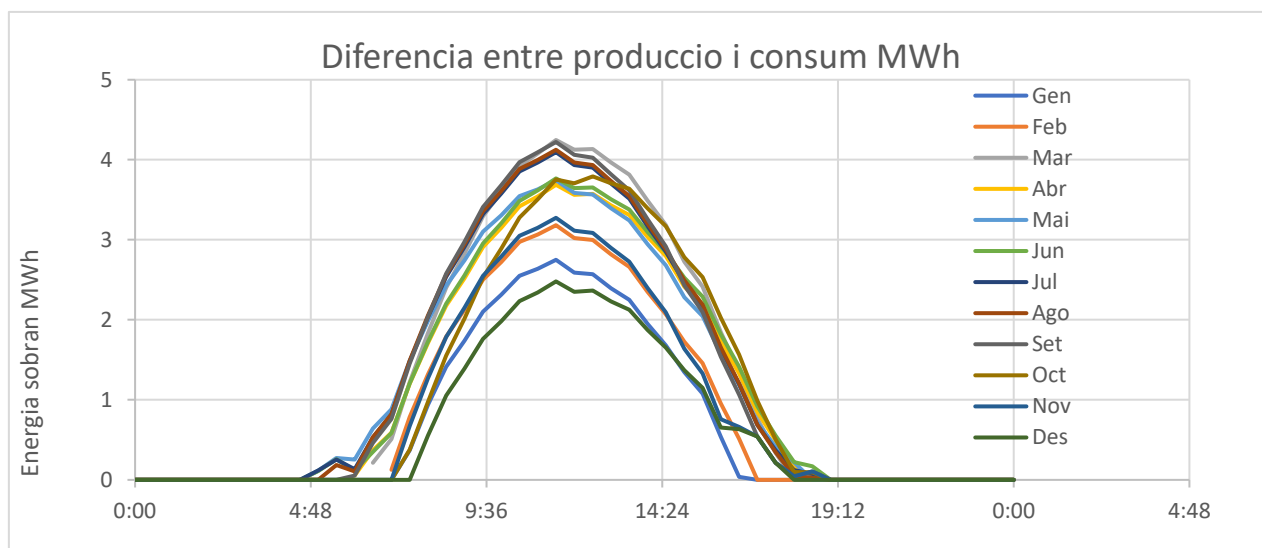
Taula 16:Emissions anuals de CO2

3.10. Selecció del numero de maquines

3.10.1. Electròlisi:

Per seleccionar el nombre de màquines necessàries s'ha de determinar el punt del dia de l'any que tingui la màxima diferència entre consum i producció solar, és a dir, a quin moment de l'any el flux energètic sobrant és el màxim, per poder recuperar tota l'energia excedentària.

Fent un balanç anual entre consum a cada moment del dia i producció solar s'obté la gràfica següent:



Graf 9: Diferencia entre producció i consum MWh

La màxima diferència entre consum i producció es produirà en els mesos de març i setembre cap al migdia. El valor màxim calculat és de 4.25 MWh, en aquest moment la instal·lació ha de poder absorbir tota aquesta energia per produir hidrogen.

Els càlculs s'han fet amb intervals de 30 minuts, això significa que aquesta quantitat d'energia (4.25MWh) es capta en 30 min, al dividir per ½ hora : $\frac{4.25\text{MWh}}{0.5\text{h}} = 8.50 \text{ MW}$, seria la potència d'electròlisis necessària.

La màquina escollida té una potència de 960 KVA → 960 KW

$$\frac{8.50 \times 10^3 \text{ KW}}{960 \text{ KW}} = 8.85 \text{ màquines} \rightarrow 9 \text{ màquines}$$

A continuació el mateix càlcul per tots els mesos de l'any per determinar el nombre de màquines que estaran en funcionament cada mes:

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
Excedent MWh	2,75	3,18	4,25	3,57	3,74	3,76	4,1	4,12	4,22	3,79	3,27	2,45
Potència màquina electròlisis KW	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960
Nº màquines	5,73	6,63	8,85	7,44	7,79	7,83	8,54	8,58	8,79	7,90	6,81	5,10
	6	7	9	8	8	8	9	9	9	8	7	6

Taula 17: Nº de màquines de electròlisis funcionant cada mes

Si es decideix escollir 9 màquines que corresponen al punt de l'any amb màxima producció d'hidrogen, això implicaria que la resta de l'any hi hauria menys màquines treballant, en contrapartida es podrien alternar i tenir menys desgast i major durabilitat.

3.10.2. Sistema de compressió

Per determinar quants compressors posar, es farà en funció del nombre de màquines d'electròlisis, i el flux màxim d'hidrogen produït.

En el punt de producció màxima 9 màquines estaran en funcionament, 8 al 100% i 1 al 85% , la tassa de producció és de :

$$(120 \times 8) + (120 \times 0.85) = 1062 \text{ m}^3/\text{h}$$

El cabal del model de compressor escollit és de 1m³/min, en una hora seran 60m³/h

$$\frac{1062}{60} = 17.7 \rightarrow 18 \text{ compressors}$$

3.10.3. Dipòsits d'emmagatzematge:

Els dipòsits són bombolles cilíndriques dissenyades per una pressió de treball de 250 bar, amb capacitat de 80 L. Es dimensionaran en funció del punt de l'any on la producció excedentària és màxima, el valor calculat és pel mes de març i és de 10031,83 Nm³

Per determinar el volum que tindrà a 250 bar, es calcularà amb la llei dels gasos ideals:

$$PV=nRT \quad (9)$$

P:250 bar

R ⁽²⁾:8.314·10⁻² l·bar·K⁻¹·mol⁻¹

T:298 K

n: nombre de mols en el volum a comprimir

$$10031,83\text{m}^3 \times \frac{1000 \text{ l H}_2}{1\text{m}^3\text{H}_2} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{22.4 \text{ l H}_2} = 447849.55 \text{ mol H}_2$$

$$V = \frac{447849.55 \times 8.314 \cdot 10^{-2} \times 298}{250} = 44383.18 \text{ l H}_2$$

$$\frac{44383.18 \text{ l}}{80\text{l/bombolla}} = 554.78 \rightarrow 555 \text{ bombolles}$$

⁽²⁾:Atkins.Jones (Principios de química)

3.10.4. Sistema de combustió:

Com s'ha mencionat a l'apartat (2) s'utilitzarà un equip de cogeneració amb un motor a combustió interna a 4 temps, la potencia elèctrica de l'equip és de 260 kW_e, i per determinar quantes màquines que s'han d'assegurar, en primer lloc es determinarà la potència contractada de cada casa de la població.

Per una casa de 90 m² la potència recomanada és de 5.75KW, per les 300 cases s'arribarà a una potència total de :

$$5.75 \text{ KW/Casa} \times 300 \text{ Cases} = 1725 \text{ KW} = 1.725 \text{ MW}$$

Potencias eléctricas recomendadas

Tamaño	Equipamiento Básico	Equipamiento Medio	Equipamiento Elevado
Hasta 60m ²	3 kW	3,45 kW	4,6 kW
De 60 a 90m ²	3,45 kW	4,6 kW	5,75 kW
De 90 a 140m ²	4,6 kW	5,75 kW	6,9 kW
Superior 140m ²	5,75 kW	6,9 kW	8,05 kW

<https://tarifasgasluz.com/faq/potencia-contratada>

A continuació es determinarà en funció de les potències dels aparells de la casa la potència màxima si tot es connectés al mateix moment, calculat en la taula 1.

Element	Potència (W)	Hores diàries	energia total Wh/dia
Microones	800	1	800
Nevera	300	12	3600
Televisó	20	6,5	130
Ordinador	5	3,5	17,5
Portàtil	5	3,5	17,5
Carregador mòbil 1	5	1,25	6,25
Carregador mòbil 2	5	1,25	6,25
Carregador mòbil 3	5	1,25	6,25
Rentadora	2500	1	2500
Forn elèctric	2200	0,5	1100
Altres	20	24	480
Total	5865		8663,75

Lluminària	Potència (W)	Hores diàries	Energia total Wh/dia
menjador	20	8,5	170
Cuina	20	9,75	195
Habitació 1	20	2,5	50
Habitació 2	20	2,5	50
Habitació 3	20	5	100
Habitació 4	20	2,5	50
Passadissos	20	8,5	170
Lavabo-bany	20	8,5	170
Total	160		955

La suma total de les potències serà de 6025 W (6.025 kW), però la instal·lació no es calcularà per tota aquesta potència ja que se suposa que no tots els receptors estaran connectats a la xarxa simultàniament, sinó una part només. El que es farà després és multiplicar pel factor de simultaneïtat (Fs) de cada aparell un nombre real positiu inferior a 1.

Taula Factor de simultaneïtat **Annex pàgina 83**

http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_25_jul12R2.pdf

Tenint en compte els factors de simultaneïtat de cada aparell obtenim els resultats següents:

Element	Potència (W)	Fs	Potència final (W)
Microones	800	0,5	400
Nevera	300	0,66	198
Televisió	20	0,2	4
Ordinador	5	0,2	1
Portàtil	5	0,2	1
Carregador mòbil 1	5	0,2	1
Carregador mòbil 2	5	0,2	1
Carregador mòbil 3	5	0,2	1
Rentadora	2500	0,66	1650
Forn elèctric	2200	0,66	1452
Altres	20	0,2	4
Total	5865		3713

L·luminària	Potència (W)	Fs	Potència final (W)
menjador	20	0,75	15
Cuina	20	0,75	15
Habitació 1	20	0,75	15
Habitació 2	20	0,75	15
Habitació 3	20	0,75	15
Habitació 4	20	0,75	15
Passadissos	20	0,75	15
Lavabo-bany	20	0,75	15
Total	160		120

Taula 18: Potència amb factor de simultaneïtat

La suma total és de 3833 W (3.84 kW) per cada casa, multiplicant per 300 cases :

$$3.84 \times 300 = 1152 \text{ kW}$$

La potència elèctrica de l'equipament de cogeneració és de 260 kW, per assegurar els 1152 kW es necessitaran :

$$\frac{1152 \text{ kW}}{260 \text{ kW/màquina}} = 4.43 \rightarrow 5 \text{ Màquines de cogeneració.}$$

- Coneixen la potència elèctrica es pot deduir la quantitat d'energia tèrmica produïda.

L'equip de cogeneració té un rendiment elèctric de 37% , i un rendiment tèrmic de 55%. Les èpoques de l'any amb més excedent tèrmic són la primavera i la tardor, ja que el consum de calor serà només per ACS, si la potència elèctrica és del 37% es pot deduir la calor generada:

$$\left(\begin{matrix} 1152 \rightarrow 0.37 \\ x \rightarrow 1 \end{matrix} \right) \rightarrow x = \frac{1152}{0.37} = 3113.51 \text{ KW de potència inicial.}$$

$$3113.51 \times 0.55 = 1712.43 \text{ kW de calor produït}$$

La potència ACS calculada és de 252.12 kW.

$$1712.43 - 252.12 = 1460.31 \text{ kW , que seria la potència que dissiparà l'intercanviador(1)}$$

Annex Pagina 80

3.10.5. Maquina d'absorció:

La potència frigorífica necessària per a la refrigeració és de 154.8kW i s'utilitzarà una màquina d'absorció de 176 KW frigorífic. La potència de calor a dissipar és de 428 KW i estarà assegurada per un intercanviador de calor aigua aire determinat a l'apartat **(3)**.

3.10.6. Sistema de bombeig

. S'utilitzaran 2 bombes, una per al circuit d'aigua calenta, que inclou ACS i calefacció, i una altra pel circuit d'aigua freda.

Per a la circulació de l'aigua entre els elements de la instal·lació i els intercanviadors s'utilitzaran 4 bombes.

3.10.7. Intercanviadors de calor

S'instal·laran 2 intercanviadors, 1 pel sistema de refredament de la màquina d'absorció, el segon per dissipar l'energia tèrmica sobrant que prové del sistema de cogeneració.

3.10.8. Sistema de commutació automàtica

S'utilitzen en aquelles instal·lacions en les quals es requereix la commutació del circuit de potència a un altre circuit d'emergència per garantir el subministrament de potència a la càrrega si falta l'alimentació de la línia normal.

S'instal·larà el model **PRO E POWER** de **ABB**.

Annex pàgina 87

3.10.9. Variadores de freqüència

Es posaran 6 variadors de freqüència, 1 per cada bomba d'aigua per la regulació dels cabals

3.10.10. Dipòsits d'inèrcia

Els dipòsits d'inèrcia serveixen en evitar que el sistema es pugui veure afectat per les arrencades i aturades de la instal·lació, estan destinats a l'acumulació d'aigua del circuit primari.

S'utilitza com a acumulador de calor per a sistemes de calefacció o d'instal·lacions grans d'ACS, la calor produïda per mitjà d'energia solar, caldera o sistema de cogeneració es transmet al dipòsit a través d'un intercanviador, aquesta calor es pot extreure per mitjà d'altres intercanviadors i així escalfar l'ACS o ser utilitzat per a la calefacció del propi habitatge o edificis.

a) Aigua calenta

Segons el fabricant **HARGASSNER**⁽²⁾, per dimensionar el volum del dipòsit es recomana 20 a 30 litres per cada KW de potencia instal·lada.

La potencia total de calefacció i ACS és de $180.9 + 252.12 = 433.02$ KW

Aplicant el mètode de **HARGASSNER**

$$433.02 * 20 = 8660.4 \text{ l} \rightarrow 8.66 \text{ m}^3$$

Nota:

Els dipòsits d'aigua calenta portaran resistències elèctriques. Durant les hores de sol el sistema de cogeneració no estarà produint energia, tota la demanda elèctrica i tèrmica estaria assegurada per la producció fotovoltaica. També pels casos on la demanda elèctrica és molt inferior a la tèrmica, així tot l'excendent energètic produït anirà a parar als dipòsits d'inèrcia.

S'escullen 6 unitats del model **G-1500** de la marca **LAPESA**, amb un capacitat de 1500 m³.

Annex Pagina 84

<http://www.lapesa.es/sites/default/files/cite-e-00.pdf>

⁽²⁾ <https://www.hargassner.es/2018/02/26/depositos-inercia/>

b) Aigua freda

Utilitzant el mateix principi, per una potencia frigorífica de $170.28 \text{ KW} \times 20 = 3405.6 \text{ l}$

S'escolliran 2 del model **G-1500** i 1 dipòsit del model **G-600**

3.10.11. Vas d'expansió

Segons el mètode de dimensionament de l'empresa **IBAINODO**, el volum del vas d'expansió és de 1258.87 l.

mètode i model **Annex Pagina 85**

http://www.ibaiondo.es/index.php?option=com_calculadora&view=calculadora_cmf&Itemid=103

3.10.12. Canonades

Per evitar les pèrdues seria interessant que la instal·lació no s'instal·li lluny del punt de consum, tenint en compte una instal·lació de distribució urbana d'energia tèrmica i frigorífica com **Districlima** que està pràcticament tocant el nucli urbà:

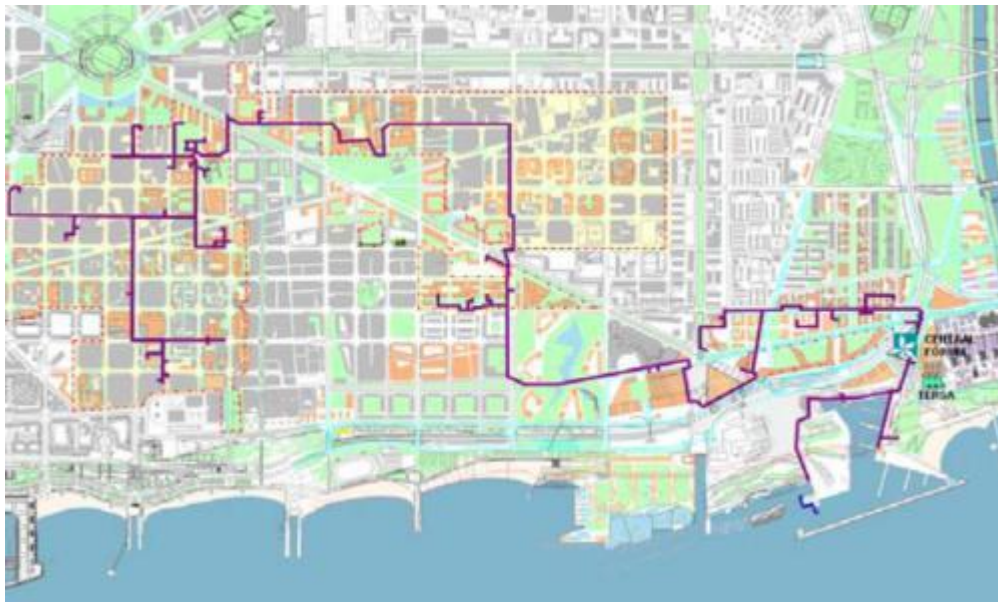


Fig10: Districlima

Es pot estimar una curta distància entre producció i consum, així es disminuirà el cost relacionat al transport de l'aigua i reduir les pèrdues.

3.11. Pressupost i estudi econòmic

3.11.1. Cost de les màquines:

És difícil fer una estimació exacte del cost de la instal·lació, es farà una aproximació en funció dels equipaments principals a instal·lar afegint un cost addicional del 6.5%, per les canonades, filtres, vàlvules... i el cost de les obres necessàries per instal·lar els equipaments, per un valor aproximat de 200.000 €

El cost de les màquines de la instal·lació es resumeixen a la taula següent:

Element	Preu unitari €	Unitats	Cost €
<i>Electrolitzador</i>	200.000,00 €	9	1.800.000,00 €
Compressor	12.000,00 €	18	216.000,00 €
Dipòsits (Bloques de 20)	10.988,00 €	28	307.664,00 €
Màquina de cogeneració	25.500,00 €	5	127.500,00 €
Màquina d'absorció	100.000,00 €	1	100.000,00 €
Intercanviador 2	2.454,00 €	1	2.454,00 €
Intercanviador 1	2.454,00 €	1	2.454,00 €
Sistema de bombeig	2.655,00 €	6	15.930,00 €
Variadores de freqüència	4.000,00 €	6	24.000,00 €
Dipòsits d'inèrcia (Calor)	4.000,00 €	6	24.000,00 €
Dipòsits d'inèrcia (Fred)	4.000,00 €	2	8.000,00 €
Dipòsits d'inèrcia (Fred)	2.700,00 €	1	2.700,00 €
Vas d'expansió	2.000,00 €	1	2.000,00 €
Sistema de commutació automàtica	100.000,00 €	1	100.000,00 €
¹ Instal·lació elèctrica 2	60.000,00 €	1	60.000,00 €
Cost addicional	200.000,00 €	1	200.000,00 €
Total €			2.992.702,00 €

Taula 19: Cost de les màquines

¹ El cost de la Instal·lació elèctrica s'aproxima en funció d'un treball fent referència a una nau industrial.

3.11.2. Cost de la enginyeria i el manteniment anual

Per fer una estimació dels costos de la enginyeria es multiplica per 3% i el manteniment anual es multiplica per 5% del cost total dels equipament instal·lació inclòs.

Enginyeria: $2.992.702 \text{ €} \times 0.03 = 89.781 \text{ €}$

Manteniment(personal inclòs) : $2.992.702 \text{ €} \times 0.05 = 149.635 \text{ €}$

<http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/10-el-presupuesto-de-mantenimiento>

3.11.3. Temps de retorn de la inversió

A continuació es farà un estudi econòmic fent un balanç entre despeses i ingressos en un horitzó de 5 anys.

Any	0	1	2	3	4	5
Producció Kg H2/any		211936	211936	211936	211936	211936
Preu Kg H2 €		9	9	9	9	9
Inversió M€	3.082.483	0	0	0	0	0
Cost manteniment anual €		149.635	149.635	149.635	149.635	149.635
Ingressos € venda H2		1.907.424	1.907.424	1.907.424	1.907.424	1.907.424
Ingressos € venda electricitat+calo+fred		345.600	345.600	345.600	345.600	345.600
Beneficis €		2.103.389	2.103.389	2.103.389	2.103.389	2.103.389
Beneficis acumulats €	-3.082.483,06	-979.093	1.124.295	3.227.684	5.331.073	7.434.462

Taula 20: Balanç econòmic per 5 anys

En aquestes condicions el temps de retorn és a l'any 2 , però s'ha de tenir en compte del fet que l'energia consumida de la planta fotovoltaica, la compra o l'arrendament del terreny i el cost de la instal·lació fotovoltaica, no estan inclosos en el balanç econòmic

- En el cas on s'ha de comprar el terreny estimat a una 1.200.000€¹ , i la compra de la electricitat estimat a 0.08€/KWh, el balanç econòmic serà el següent

¹Annex Pagina 88

Electricitat consumida: 19.68MWh/any

Preu de compra :0.08€/KWh

Cost anual : 1.575.054 €

Any	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Producció Kg H2/any		211.936	211.936	211.936	211.936	211.936	211.936	211.936	211.936	211.936
Preu Kg H2 €		9	9	9	9	9	9	9	9	9
Inversió €	3.082.483	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cost manteniment anual €		149.635	149.635	149.635	149.635	149.635	149.635	149.635	149.635	149.635
Cost electricitat M€		1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
Cost terreny	1.200.000									
Ingressos M€ venda H2		1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
Ingressos € venda electricitat+c al+fred		345.600	345.600	345.600	345.600	345.600	345.600	345.600	345.600	345.600
Beneficis		528.335	528.335	528.335	528.335	528.335	528.335	528.335	528.335	528.335
Beneficis acumulats €	-4.282.483	-3.754.148	-3.225.814	-2.697.479	-2.169.144	-1.640.809	-1.112.474	-584.140	-55.805	472.530

Taula 21: Balanç econòmic per 9 anys

En aquest cas el retorn de la inversió es farà al llarg de l'any 9

- Un altre escenari seria afegint el cost de la instal·lació fotovoltaica, s'estima que el cost varia entre 1 milió i 1.2 milions al MW¹, en el cas estudiat serien 12 M€, el temps de retorn seria el següent:

¹ <http://nt-solargroup.com/es/construir-una-planta-solar.html>

Any	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Producció Kg H2/any		211.936	211.936	211.936	211.936	211.936	211.936	211.936	211.936
Preu Kg H2 €		9	9	9	9	9	9	9	9
Inversió €	15.082.483	0	0	0	0	0	0	0	0
Cost manteniment anual €		149.635	149.635	149.635	149.635	149.635	149.635	149.635	149.635
Ingressos € venda H2		1.907.424	1.907.424	1.907.424	1.907.424	1.907.424	1.907.424	1.907.424	1.907.424
Ingressos € venda electricitat+ calo+fred		345.600	345.600	345.600	345.600	345.600	345.600	345.600	345.600
Beneficis €		2.103.389	2.103.389	2.103.389	2.103.389	2.103.389	2.103.389	2.103.389	2.103.389
Beneficis acumulats€	-15.082.483	-12.979.093	-10.875.704	-8.772.31	-6.668.926	-4.565.537	-2.462.148	-358.758	1.744.630

Taula 22: Balanç econòmic per 8 anys

En aquest cas el temps de retorn es feria a l'any 8.

Es pot pensar en els tres escenaris , de si la inversió la fera en el primer cas l'estat on el cost de l'energia inicial i el terreny seran nuls, o de si la inversió vindrà d'una empresa privada, en aquest cas s'ha d'afegir la compra de la electricitat i terreny, o directament el cost de la planta fotovoltaica.

Nota:

En aquest projecte no s'ha tingut en compte la eventualitat de vendre l'oxigen produït pel sistema d'electròlisi, això implicaria un ingrés addicional, que tindria com conseqüència un temps de retorn mes curt.

4. NORMATIVA

La normativa relacionada a la utilització de l'hidrogen està molt poc desenvolupada, no existeixen impediments per instal·lacions que utilitzin electrolitzador. Es seguiran els procediments per a la sol·licitud de permisos d'equips industrials, i per la producció d'energia elèctrica per cogeneració serà el Real Decret 413/2014 del 6 de juny que és el que regulava l'activitat de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables i residus, s'ha canviat pel del Real decret 244/2019 del 5 d'abril que va entrar en vigor el 07/04/2019.

però com l'objectiu de la instal·lació no és la injecció d'energia elèctrica a la xarxa, si no l'autoconsum, es seguiran els passos del Real decret citat per la regulació de les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum.

Es seguiran també les directives de la resolució del 14 de novembre de 2018, de la Direcció general d'Indústria i de la Petita i Mitjana Empresa, per la qual s'actualitza el llistat de normes de la instrucció tècnica complementària ITC-ICG 11 del Reglament tècnic de distribució i utilització de combustibles gasosos, aprovat pel Reial Decret 919/2006 de 28 de juliol.

https://www.habitacalia.com/terrenos_y_solares-lleida.htm?ordenar=precio_mas_bajo&st=3

5. CONCLUSIO

L'objectiu inicial del projecte, era determinar si un sistema d'emmagatzematge d'energia elèctrica d'origen renovable en forma d'hidrogen és viable o no, fent un estudi tecnicoeconòmic de les diferents etapes del procés, anant de l'energia absorbida per la instal·lació, la conversió i l'emmagatzematge, per arribar finalment a la recuperació d'una energia apta per un ús domèstic i la mobilitat.

D'un punt de vista tècnic aquesta tecnologia és molt interessant, ja que és capaç d'absorbir excedents d'energia elèctrica provenint de fonts renovables de manera instantània, energia que molt sovint es perdria o provocaria inestabilitat en la xarxa elèctrica, per la dificultat d'ajustament entre producció i consum, degut per exemple a una sobreproducció eòlica en hores nocturnes on el consum és mínim. Un altre punt interessant és la possibilitat de poder aprofitar del calor residual de la combustió amb una instal·lació de cogeneració i així alimentar en aigua calenta i freda necessitats domèstiques, comercials o industrials.

Econòmicament implicaria una inversió important, i un temps de retorn de pràcticament 10 anys, que seria un període raonable comparant al estalvi econòmic i mediambiental que es farien.

La generalització d'aquesta solució ofereix perspectives realment extraordinàries, tant per a l'emmagatzematge d'electricitat, que es simplificaria, com per a la mobilitat, des del vehicle individual fins a l'avió de càrrega, i es pot anar encara mes lluny, amb una producció a gran escala per produir un combustible net, totalment renovable amb un impacte mínim pel medi ambient, que alimentaria centrals elèctriques, indústries i anar cap a un model energètic sostenible.

6. BIBLIOGRAFIA

- Atkins.Jones (Principios de química)
- HAL Id: tel-01775220 <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01775220>
- <http://calculoaeroterminia.lanuevacalefaccion.com/aeroterminia-platinum-bc.html4>
- <https://www.certificadosenergeticos.com/consumo-diario-ac-s-certificado-energetico>
- <https://suelosolar.com/guiasolares/acs/dimensionado.asp>
- **AFHYPAC - Th. A.**
- www.arevah2gen.com/fr/produits-services/generateurs-dhydrogene
- <https://spanish.alibaba.com/product-detail/China-Piston-Type-3-Stage-Compressor-62056864859.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.1.77439a99wOtG0o&s=p>
- <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Hydrogen-Gas-Cylinder-Group-Cascade-for-60517076348.html?spm=a2700.7724838.2017115.296.79dc525bbCxAif>
- <http://iaipro.es/microcogeneracion-con-hidrogeno-inicio-de-una-nueva-era/>
- <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-la-Cogeneracion-fenercom-2010.pdf>
- www.fenercom.com
- <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Factory-price-petrochemical-industry-heat-exchanger-62099710007.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.44.5b687284fGevWw>
- <https://spanish.alibaba.com/product-detail/bomba-de-agua-centrifuga-25hp-60726877766.html>
- *PVGIS© Comunidades europeas, 2001-2012*
- <https://www.esios.ree.es/es>
- *Documentació : EUROFRED*
- <https://www.climahorro.es/calderas/calderas-gasoil/baxi-lidia-20-gt-em-eco.html>
- <https://tarifasgasluz.com/faq/potencia-contratada>
- <https://tarifasgasluz.com/faq/potencia-contratada>
- <http://www.lapesa.es/sites/default/files/cite-e-00.pdf>
- http://www.ibaiondo.es/index.php?option=com_calculadora&view=calculadora_cmf&Itemid=103
- <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13074/Pressupost.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/10-el-presupuesto-de-mantenimiento>

7. ANNEX

Energia de calefacció



Aerotermitia

CÁLCULO BOMBA DE CALOR PLATINUM BC.

4. INSTALACION DE LA CALEFACCION

Superficie de la vivienda :	90	m ²	✓
Altura media de la vivienda :	3.0	m	✓
Nivel de aislamiento :	Viviendas aisladas G:0.9		✓
Temperatura de confort :	22	°C	✓
Tipo de instalación :	Radiadores		✓
Tª ida radiadores :	60	°C	✓

Pérdidas : 6.56 kW

Energía requerida : 8.223 kWh

Calcular



Aerotermitia

CÁLCULO BOMBA DE CALOR PLATINUM BC.

4. INSTALACION DE LA CALEFACCION

Superficie de la vivienda :	90	m ²	✓
Altura media de la vivienda :	3.0	m	✓
Nivel de aislamiento :	Viviendas aisladas G:0.9		✓
Temperatura de confort :	22	°C	✓
Tipo de instalación :	Radiadores		✓
Tª ida radiadores :	60	°C	✓

Pérdidas : 6.56 kW

Energía requerida : 8.223 kWh

Calcular



Título		Modelo	Entrega de aire (M3/min)	Max de trabajo Presión (Mpa)	Motor Poder (Kw)	En general, Dimensión (Mm)	Peso (Kg)
De alta presión /Refuerzo de Compresor de aire	Etapa 2 De compresión	DG0.8/30	0,8	3,0	9	1080*620*800	350
		DG1.25/30	1,25	3,0	15	1800*650*1450	550
		DG1.5/30	1,5	3,0	15	1500*850*1050	550
		DG3/17	3,0	1,7	30	1750*1050*1250	700
	3 Fase De compresión	DG6/17	6,0	1,7	45	1850*1050*1250	750
		DG2.2/40	2,2	4,0	22	1780*1050*1340	800
		DG2.2/30	2,2	3,0	22	1780*1050*1340	650
		DG3.3/30	3,3	3,0	30	1780*1050*1340	900
		DG3/40	3	4,0	30	1650*1250*1250	1100
		DG0.8/100	0,8	10,0	15	1300*850*1350	700
		DG1/70	1,0	7,0	15	1300*850*1350	500
		DG1/40	1,0	4,0	15	1300*850*1350	600
	4 etapa De compresión	DG1/150	1,0	15,0	22	1650*1450*1140	980
		DG1/200	1,0	20,0	22	1650*1450*1140	980
		DG1/300	1,0	30,0	22	1650*1450*1140	980
		DG1/400	1,0	40,0	22	1650*1450*1140	2700
		DG2.0/80	2,0	8,0	30	1780*1450*1140	2500
		DG2.2/150	2,2	15,0	30	1780*1450*1340	980
		DG2/300	2,0	30,0	37	1780*1450*1340	1500
		DG3/80	3,0	8,0	30	1780*1450*1140	2600
	5 etapas De compresión	DG3/200	3,0	20,0	45	1780*1450*1340	2600
		DG2/450	2,0	45,0	37	1780*1450*1340	2600
		DG3/300	3,0	30,0	45	1780*1450*1340	2600
		DG3/450	3,0	45,0	55	1780*1450*1340	2800

Dipòsits d'emmagatzematge



40L 20 cantidad Cilindros de Gas de hidrógeno en cascada con certificado BV

Parámetros técnicos principales:

Modelo: NTYT/50-H2;

Materiales: 30 CrMo (4, 130X) y etc.

Especificaciones: 80WL× 60 unidades;

Categoría: componente de estación de repostaje;

¡60Nos! 80WL = Total 4800WL en tres bancos: alta, Media, Baja Presión;

Estándar de fabricación de cilindros: BS5045;

Capacidad del agua: 50L, 80L;

Diámetro: 356mm;

Longitud: aproximadamente 1.070mm;

Presión de funcionamiento: 25 MPa;

Presión de prueba: 27,5 MPa;

Maquina de cogeneració

EQUIPOS DE COGENERACIÓN CO-ENERGY "La caldera inteligente"

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO

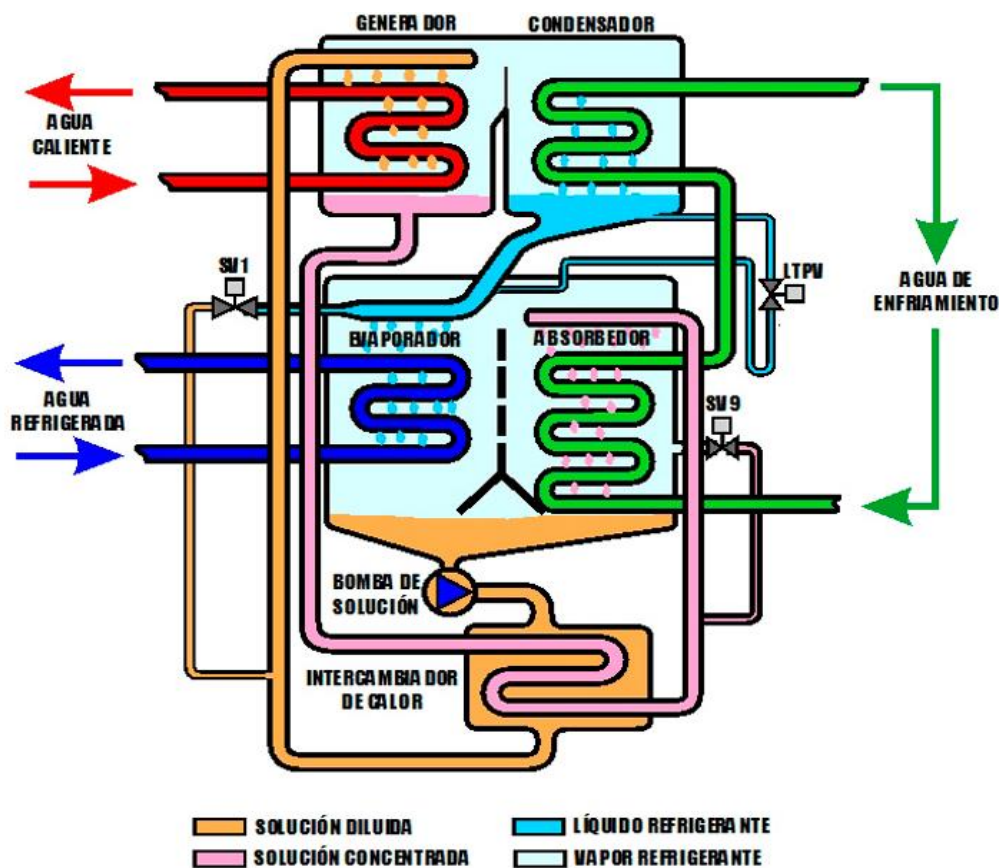
MC 260-390 GN



C.H.P (Combined heat and power)		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CONEXIONES	
Potencia electrica (kW)	260	Índice sonoro aproximado dB(A)	70
Potencia térmica (kW)	387	Peso aproximado (Kg)	-
Rendimiento eléctrico	37%	Conexión combustible (")	2 x 2"
Rendimiento térmico	55%	Conexión agua caliente	Brida PN 10/16 de 54 mm.
Rendimiento total	92%	Diametro salida gases (mm)	154
Caudal agua l/m	385	Temperatura gases escape (°C)	120
Temperatura máxima de salida ° C	85		
Salto de temperatura ° C	15		

Maquina d'absorció

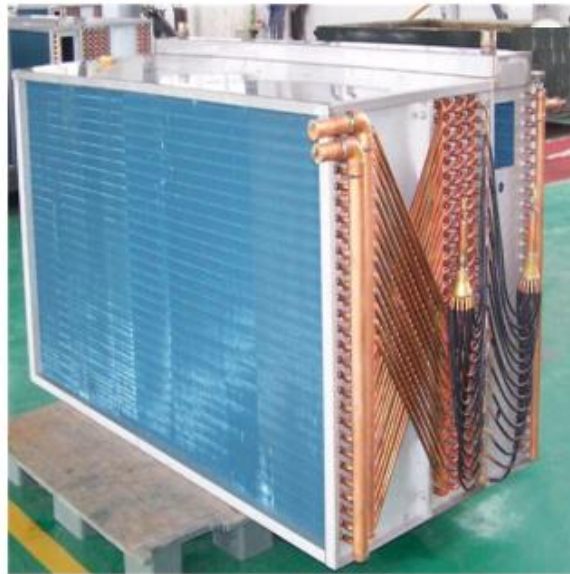
			Unidad de medida	MODELOS				
Capacidad frigorífica				WFC-SC5	WFC-SC10	WFC-SC20	WFC-SC30	WFC-SC50
Agua refrigerada	Temperatura agua refrigerada	entrada	°C	17,6	35,2	70,3	105,0	176,0
		salida	°C			12,5		
	Pérdida de carga evaporador		kPa	56	51,0	59,8	60,8	35,9
	Presión estática máxima		kPa			588		
	Caudal de agua		l/s	0,77	1,53	3,06	4,58	7,64
Agua de enfriamiento para disipación calor	Volumen de agua contenido		l	8	17	47	73	120
	Calor a disipar		kW	42,7	85,4	171,0	256,0	428,0
	Temperatura	entrada	°C			31,0		
		salida	°C			35,0		
	Pérdida de carga absorb./cond.		kPa	41	85,3	45,3	46,4	37,4
Energía en forma de agua caliente al generador	Factor ensuciamiento		kW/h/K/m ²			0,086		
	Presión estática máxima		kPa			588		
	Caudal de agua		l/s	2,5	5,1	10,2	15,3	25,6
	Volumen de agua contenido		l	37	66	125	194	335
	Potencia calorífica a la entrada		kW	25,1	50,2	100,0	151,0	252,0
Electricidad	Temperatura	entrada	°C			88		
		salida	°C			83		
		rango	°C			70 - 95		
	Pérdida de carga en generador		kPa	88	82,2 + 10%	38,2 + 10%	48,1 + 10%	86,7
	Presión estática máxima		kPa			588		
Control	Caudal de agua		l/s	1,2	2,4	4,8	7,2	12,0
	Volumen de agua contenido		l	10	21	54	84	170
	Potencia suministro		W	48	210	260	310	550
	Consumo		A	0,23	0,43	0,92	1,25	4,74
	Intensidad							
Dimensiones	Refrigeración			Todo - nada				
	Ancho		mm	594	760	1.060	1.380	1.780
	Fondo		mm	744	970	1.220	1.520	1.960
	Alto (incluidas placas fijación)		mm	1736	1.920	2.030	2.065	2.135
Peso	En vacío		kg	365	500	930	1.450	2.400
	En carga		kg		600	1.155	1.800	3.025
Acústica	Nivel sonoro		dB(A)		46	49	52	54
	Agua refrigerada			DN-32	DN-40	DN-50		DN-80
	Agua enfriamiento (torre)			DN-40	DN-50		DN-65	DN-80
	Agua caliente generador				DN-40	DN-50	DN-65	DN-80



Ciclo de absorción LiBr-H₂O de simple efecto



Intercambiador de calor



Descripción general

Detalles rápidos	Energía (W):	40 ~ 1680Kw
Caudal del Líquido:	Máximo 50 M3/h	Máxima Presión de... 4.5Mpa
Peso:	OEM	Garantía: 1 año
Servicio postventa ...	Video de apoyo técnico, No después de servicio de ventas	Condición: Nuevo
Lugar del origen:	Jiangsu, China	Marca: OEM
Estructura:	DX bobina de enfriamiento	Voltaje: 380 v
Dimensión (L*W*H):	Personalizado hecho	Certificación: Rohs
Servicio posventa p...	Ingenieros disponibles para servir maquinaria en el extranjero	Nombre del produc... Bobina de enfriamiento
Material del tubo:	Cobre, CuNi, acero inoxidable, aluminio, acero en caliente, tita...	Fin material: Cobre, acero inoxidable, aluminio, acero al carbono profundo ...
Tipo de tubo:	Suave ranurado	Fin tipo: Plano, corrugado, con persiana
Material del marco:	Acero inoxidable, placa GI, placa de aluminio	Original: Jiangsu china
Fin de la superficie:	Epoxi (dorado), azul (hidrofílico), pintura en polvo, desnudo	Aplicación: Unidad de tratamiento de aire

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/Factory-price-petrochemical-industry-heat-exchanger-62099710007.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.44.5b687284fGevWw>

Sistema de bombeig



Water Pump Type	Capacity (m ³ /h)	Head (m)	Motor Power (kw)
QI 50	3.1 - 14	3.7-82	0.55-11
QI 65	5.1 - 30	3.8-115.4	0.55-30
QI 80	9.1 - 60	3.6-128	0.55-37
QI 100	21.3 - 120	3.7-133	1.1-75
QI 125	51.4 - 240	8.4-133	4-110
QI 150	104 - 240	13-53	11-45
QI 200	194-460	13.1-55	22-90
QI 250	320-760	22.6-52	75-132
QI 300	530-1200	21.9-38	90-132

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/bomba-de-agua-centrifuga-25hp-60726877766.html>

Maquina de aire condicionat

FAIR

MÁXIMO CONFORT Y DISEÑO



Las diferentes opciones de control junto a la amplia variedad de funciones disponibles y un diseño cuidado y minimalista hacen de la Fair la mejor opción para cualquier ambiente, ya sea doméstico, profesional o comercial.



MODELO		FAIR 9	FAIR 12	FAIR 18	FAIR 24
Código		3NGR0205	3NGR0210	3NGR0215	3NGR0220
Potencia	Frio (W)	2700 (500 - 3600)	3500 (900 - 3900)	5200 (1260 - 6600)	7000 (1930 - 8850)
	Calor (W)	3000 (500 - 4300)	3670 (900 - 4500)	5300 (1120 - 6800)	7400 (1800 - 10630)
	-7°C (W)	2700	3927	4770	7770
Eficiencia energética	SEER	6.8	7	7	7
	SCOP	5.1	5.1	5.1	5.1
Clase energética	Frio / Calor	A++ / A+++	A++ / A+++	A++ / A+++	A++ / A+++
Consumo eléctrico	Frio (W)	805 (90 - 1400)	1085 (220 - 1450)	1528 (380 - 2450)	1900 (430 - 3100)
	Calor (W)	779 (160 - 1500)	990 (220 - 1500)	1410 (350 - 2600)	1897 (430 - 3750)
Corriente	Frio (A)	3.8	5	6.8	8.73
	Calor (A)	3.5	4.5	6.3	8.84
Alimentación	(V / I / Hz)	220 - 240 / 1 / 50	220 - 240 / 1 / 50	220 - 240 / 1 / 50	220 - 240 / 1 / 50
Rango de temperatura interior	Frio (°C)	+16 - +30	+16 - +30	+16 - +30	+16 - +30
	Calor (°C)	+16 - +30	+16 - +30	+16 - +30	+16 - +30
Rango de temperatura exterior	Frio (°C)	-15 - +43	-15 - +43	-15 - +43	-15 - +43
	Calor (°C)	-15 - +24	-15 - +24	-15 - +24	-22 - +24
Conexiones	Líquido (Pul.)	1/4	1/4	1/4	1/4
	Gas (Pul.)	3/8	3/8	1/2	5/8
Longitud máxima total	(m)	15	20	25	25
Longitud vertical máxima	(m)	10	10	10	10
Cable de comunicación	(m)	3 x 1.5 + T	3 x 1.5 + T	3 x 1.5 + T	3 x 2.5 + T
Cable de alimentación		U.E. 2 x 2.5 + T	U.E. 2 x 2.5 + T	U.E. 2 x 2.5 + T	U.E. 2 x 2.5 + T
Longitud precargada	(m)	5	5	5	5

Taula Factor de simultaneïtat

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: INSTALACIONES INTERIORES INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS NÚMERO DE CIRCUITOS Y CARACTERÍSTICAS	GUÍA - BT-25
		Edición: jul 12 Revisión: 2

Tabla 1. Características eléctricas de los circuitos⁽¹⁾

Circuito de utilización	Potencia prevista por toma (W)	Factor simultaneidad Fs	Factor utilización Fu	Tipo de toma ⁽⁷⁾	Interruptor Automático (A)	Máximo nº de puntos de utilización o tomas por circuito	Conductores sección mínima mm ² ⁽⁸⁾	Tubo o conducto Diámetro mm ⁽⁹⁾
C ₁ Iluminación	200	0,75	0,5	Punto de luz ⁽¹⁰⁾	10	30	1,5	16
C ₂ Tomas de uso general	3.450	0,2	0,25	Base 16A 2p+T	16	20	2,5	20
C ₃ Cocina y horno	5.400	0,5	0,75	Base 25 A 2p+T	25	2	6	25
C ₄ Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	3.450	0,66	0,75	Base 16A 2p+T combinadas con fusibles o interruptores automáticos de 16 A ⁽⁸⁾	20	3	4 ⁽⁶⁾	20
C ₅ Baño, cuarto de cocina	3.450	0,4	0,5	Base 16A 2p+T	16	6	2,5	20
C ₆ Calefacción	⁽²⁾	---	---	---	25	---	6	25
C ₉ Aire acondicionado	⁽²⁾	---	---	---	25	---	6	25
C ₁₀ Secadora	3.450	1	0,75	Base 16A 2p+T	16	1	2,5	20
C ₁₁ Automatización	⁽⁴⁾	---	---	---	10	---	1,5	16

(1) La tensión considerada es de 230 V entre fase y neutro.

(2) La potencia máxima permisible por circuito será de 5.750 W.

(3) Diámetros externos según ITC-BT 19.

(4) La potencia máxima permisible por circuito será de 2.300 W.

(5) Este valor corresponde a una instalación de dos conductores y tierra con aislamiento de PVC bajo tubo empotrado en obra, según tabla 1 de ITC-BT-19. Otras secciones pueden ser requeridas para otros tipos de cable o condiciones de instalación.

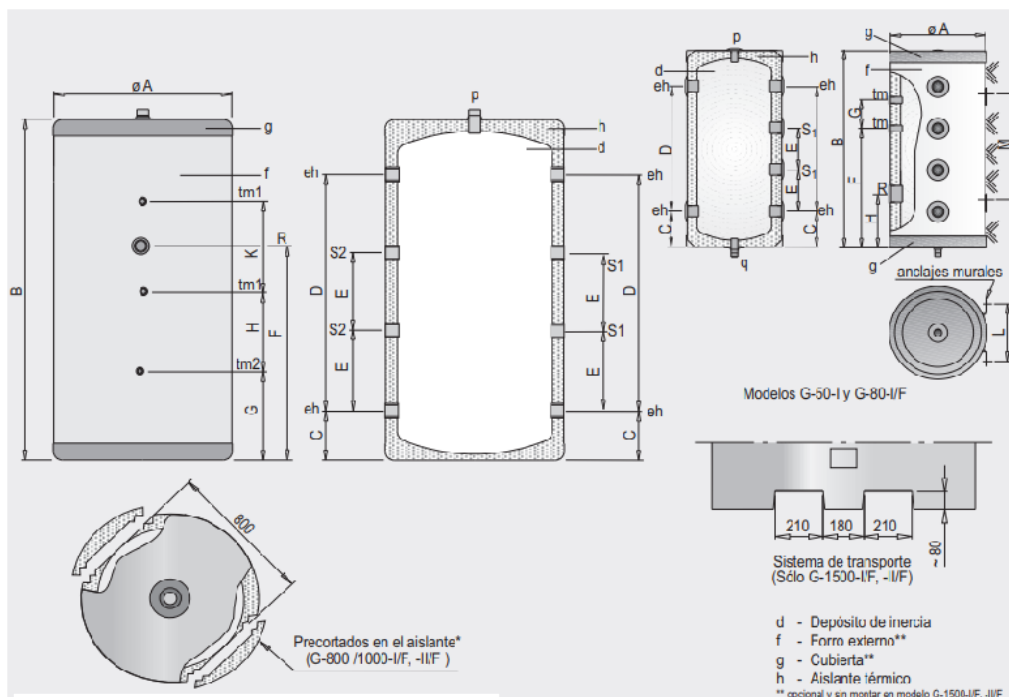
(6) En este circuito exclusivamente, cada toma individual puede conectarse mediante un conductor de sección 2,5 mm² que parta de una caja de derivación del circuito de 4 mm².

(7) Las bases de toma de corriente de 16 A 2p+T serán fijas del tipo indicado en la figura C2a y las de 25 A 2p+T serán del tipo indicado en la figura ESB 25-5A, ambas de la norma UNE 20315.

(8) Los fusibles o interruptores automáticos no son necesarios si se dispone de circuitos independientes para cada aparato, con interruptor automático de 16 A en cada circuito, el desdoblamiento del circuito con este fin no supondrá el paso a electrificación elevada ni la necesidad de disponer de un diferencial adicional.

(9) El punto de luz incluirá conductor de protección.

Dipòsits d'inèrcia



Características técnicas / Conexiones / Dimensiones		G-50 -I, -II	G-80 -I/F, -II/F	G-140 -I/F, -II/F	G-200 -I/F, -II/F	G-260 -I/F, -II/F	G-370 -I/F, -II/F	G-600 -I/F, -II/F	G-800 -I/F, -II/F	G-1000 -I/F, -II/F	G-1500 -I/F, -II/F
Capacidad	l	50	80	140	200	260	370	600	800	1000	1500
Presión máxima depósito	MPa (bar)	0.6 (6)	0.6 (6)	0.6 (6)	0.6 (6)	0.6 (6)	0.6 (6)	0.6 (6)	0.6 (6)	0.6 (6)	0.6 (6)
Temperatura máx. depósito de inercia	°C	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Peso en vacío (aprox.)	Kg	20	25	30	40	55	70	110	190	220	300
Nº conexión lateral		6	6	8	8	8	8	8	8	8	8
Nº conexión sensores laterales		2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
p: Conexión superior	*GAZ	1/2/F	1/2/F	1/M	1/M	1/M	1/M	1/M	1/M	1/M	1/M
q: Conexión inferior	*GAZ/M	3/4	1	-	-	-	-	-	-	-	-
eh: Conexión lateral	*GAZ/F	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
S1: Conexión lateral	*GAZ/F	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
S2: Conexión lateral	*GAZ/F	-	-	1-1/4	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
tm1: Conexión sensores laterales	*GAZ/F	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
tm2: Conexión sensores laterales	*GAZ/F	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
R: Conexión resistencia eléctrica	*GAZ/F	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cota A: Diámetro exterior	mm	380	480	480	620	620	620	770	950	950	1160
Cota B: Longitud total	mm	835	749	1155	985	1240	1725	1730	1840	2250	2320
Cota C:	mm	174	155	161	168	168	168	197	341	341	561
Cota D:	mm	492	435	840	625	875	1350	1290	1170	1580	1350
Cota E:	mm	164	145	280	210	290	450	430	390	525	450
Cota F:	mm	210	455	755	620	791	1114	1107	1191	1464	1536
Cota G:	mm	415	100	262	194	279	441	437	521	658	530
Cota H:	mm	-	165	316	283	326	407	405	405	473	690
Cota K:	mm	-	-	316	283	326	407	405	405	473	690
Cota L:	mm	240	253	-	-	-	-	-	-	-	-
Cota M:	mm	445	287	-	-	-	-	-	-	-	-
ErP		G-50 -I, -II	G-80 -I/F, -II/F	G-140 -I/F, -II/F	G-200 -I/F, -II/F	G-260 -I/F, -II/F	G-370 -I/F, -II/F	G-600 -I/F, -II/F	G-800 -I/F, -II/F	G-1000 -I/F, -II/F	G-1500 -I/F, -II/F
Pérdidas estáticas	W	37	45	60	60	83	85	95	99	114	156
Clase de eficiencia energética		B	B	C	B	C	C	C	C	C	C
Volumen	l	51	80	136	200	260	369	600	800	1000	1500

Vas d'expansió

CALCULADORA VOLUMEN VASO DE EXPANSIÓN CMF

V_t Volumen total de agua del circuito (caldera, tuberías, colectores, radiadores, etc...)(Litros).
 T_{maxmax} Temperatura máxima de la instalación o sistema (°C).
% Glicol Concentración de glicol (%).
 H_m Altura entre el vaso de expansión y el punto más alto de la instalación (valor mínimo 1 Bar).
 P_{vs} Presión tarado de la válvula de seguridad.

Categoría **Presión Max. 8-10 Bar (2-24 L.)** ▼

V_t Litros
 T_{maxmax} ▼
% Glicol ▼
 H_m metros
 P_{vs} Bar

Calcular

Volumen: 1258.8753333333

1400 AMR-C-A



[Ver imagen grande](#)

1400 AMR-C-A

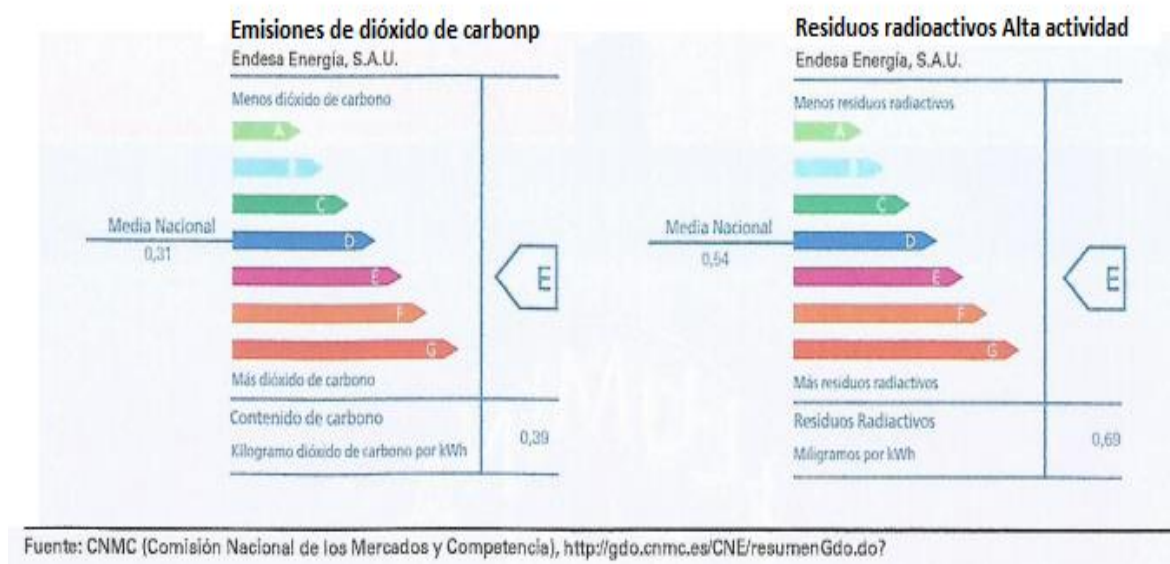
FICHA TECNICA

RECAMBIOS

	
Tipo	1400-AMR-C-A
Presión Máxima	10 Bar
Temperatura Mínima/Máxima	-10+100 °C
Capacidad	1400 Litros
Dimensiones (ØDxH)	1000x2270 mm
Conexión Agua (R)	1"
Peso	417 Kg.
Código	04140421
EAN	8435482303202



Emissions de CO2 per kWh elèctric



Fuente: CNMC (Comisión Nacional de los Mercados y Competencia), <http://gdo.cnmc.es/CNE/resumenGdo.do?>

Sistema de commutació automàtica

System pro E power



Características técnicas - Características eléctricas

Características	Nombre	Unidad	System pro E power
Polos	-	-	3P, 3P+N/4P
Tensión asignada	Un	V AC	1000
		V DC	1500
Frecuencia asignada	F	Hz	50/60
Corriente asignada	In	A	4000 A IP30...65
			6300 A IP30...41
Tensión asignada de aislamiento	Ui	V AC	1000
		V DC	1500
Tensión asignada soportada al impulso	Uimp	kV	12
Corriente asignada de corta duración admisible	Icw 1 sec	kA	120
Corriente asignada de cresta admisible Ipk	Ipk	kA	264
Propiedades de resistencia al arco interno	-	-	65 kA @ 480V 300ms acc. to IEC 61641
Clase de aislamiento	-	-	Clase I

- ✓ Mayor resistencia de cortocircuito de 105 a 120 kA
- ✓ Mayores propiedades de resistencia al arco interno
- ✓ Tensión nominal hasta 1500V DC, antes 1000V DC
- ✓ Tensión de impulso 12kV, antes 8kV

© ABB Group
August 26, 2016 | Side 5

ABB

Terreny

Solar industrial en Centre Històric. Solar industria... 1.205.250 €
Lleida - Centre Històric
20.077m² - 60€/m²
Solar industrial situado en el polígono CIM LLEIDA del municipio de Lleida. Se trata de una parcela urbanizada indus...
1 foto 1 video VISTO

https://www.habitacalia.com/terrenos_y_solares-lleida.htm?ordenar=precio_mas_bajo&st=3

